

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 7月24日

出願番号

Application Number:

特願2002-215323

[ ST.10/C ]:

[ JP 2002-215323 ]

出願人

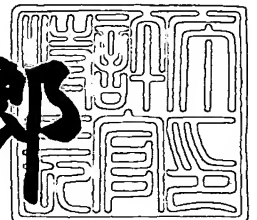
Applicant(s):

株式会社 液晶先端技術開発センター

2003年 6月18日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3047411

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Yukio TANIGUCHI, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: CRYSTALLIZATION APPARATUS, CRYSTALLIZATION METHOD, THIN FILM TRANSISTOR  
AND DISPLAY APPARATUS

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number \_\_\_\_\_, filed \_\_\_\_\_, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):  
Application No. \_\_\_\_\_ Date Filed \_\_\_\_\_

☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

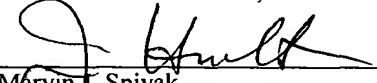
<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2002-215323	July 24, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. \_\_\_\_\_ filed \_\_\_\_\_
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number \_\_\_\_\_  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. \_\_\_\_\_ filed \_\_\_\_\_; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s) \_\_\_\_\_
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
\_\_\_\_\_  
Marvin J. Spivak  
Registration No. 24,913  
James D. Hamilton  
Registration No. 28,421



【書類名】 特許願

【整理番号】 YJ-049

【あて先】 特許庁長官殿

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
先端技術開発センター内

【氏名】 谷口 幸夫

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
先端技術開発センター内

【氏名】 松村 正清

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
先端技術開発センター内

【氏名】 山口 弘高

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
先端技術開発センター内

【氏名】 西谷 幹彦

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
先端技術開発センター内

【氏名】 辻川 晋

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
先端技術開発センター内

【氏名】 木村 嘉伸

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶

先端技術開発センター内

【氏名】 十文字 正之

【特許出願人】

【識別番号】 501286657

【氏名又は名称】 株式会社液晶先端技術開発センター

【代理人】

【識別番号】 100095256

【弁理士】

【氏名又は名称】 山口 孝雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 033020

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0207610

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 結晶化装置および結晶化方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 位相シフトマスクを照明する照明系を備え、前記位相シフトマスクの位相シフト部に対応する領域において光強度の最も小さい逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置において、

前記照明系からの光に基づいて、前記位相シフト部に対応する領域において光強度が最も小さく且つその周囲に向かって光強度が増加する凹型パターンの光強度分布を所定面に形成するための光学部材と、

前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の表面あるいはその共役面と前記所定面とを光学的に共役な関係に設定するための結像光学系とを備えていることを特徴とする結晶化装置。

【請求項 2】 前記光学部材は、前記所定面に形成すべき凹型パターンの光強度分布に応じた透過率分布を有する透過型振幅変調マスクであることを特徴とする請求項 1 に記載の結晶化装置。

【請求項 3】 前記透過型振幅変調マスクは、一定の厚さを有する光透過部と、前記所定面に形成すべき凹型パターンの光強度分布に応じた厚さ分布を有する光吸収部とを有することを特徴とする請求項 2 に記載の結晶化装置。

【請求項 4】 前記光吸収部は、全体的に正弦波形状の表面を有することを特徴とする請求項 3 に記載の結晶化装置。

【請求項 5】 前記全体的に正弦波形状の表面は、連続的な曲面形状または段差形状に形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の結晶化装置。

【請求項 6】 前記光学部材は、前記所定面に形成すべき凹型パターンの光強度分布に応じた開口率分布を有する開口型振幅変調マスクであることを特徴とする請求項 1 に記載の結晶化装置。

【請求項 7】 前記開口型振幅変調マスクは、多数の微小透過領域または多数の微小遮光領域、もしくはその両方を有することを特徴とする請求項 6 に記載の結晶化装置。

【請求項 8】 前記微小透過領域および前記微小遮光領域の大きさは、前記結像光学系の解像度よりも実質的に小さく設定されていることを特徴とする請求項 7 に記載の結晶化装置。

【請求項 9】 前記結像光学系は縮小型の光学系であることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の結晶化装置。

【請求項 10】 前記光学部材は、前記所定面において、前記位相シフト部に対応して光束が発散されて照明される領域と前記位相シフト部の周囲に対応して光束が集光されて照明される領域とを生成する集光発散素子であることを特徴とする請求項 1 に記載の結晶化装置。

【請求項 11】 前記集光発散素子は、光束を発散させるための発散屈折面と光束を集光させるための集光屈折面とを有することを特徴とする請求項 10 に記載の結晶化装置。

【請求項 12】 前記発散屈折面と前記集光屈折面とは、全体的に正弦波形状の屈折面を形成していることを特徴とする請求項 11 に記載の結晶化装置。

【請求項 13】 前記全体的に正弦波形状の屈折面は、連続的な曲面形状または段差形状に形成されていることを特徴とする請求項 12 に記載の結晶化装置。

【請求項 14】 前記光学部材は、照明系の瞳面またはその近傍において中央よりも周辺において光強度の大きい所定の光強度分布を形成するための光強度分布形成素子と、前記照明系から供給された光束を複数の光束に波面分割し且つ波面分割された各光束を前記所定面において前記位相シフト部に対応する領域へ集光するための波面分割素子とを備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の結晶化装置。

【請求項 15】 前記波面分割素子は、集光機能を有する複数の光学要素を有することを特徴とする請求項 14 に記載の結晶化装置。

【請求項 16】 前記所定の光強度分布は、光強度の比較的小さい円形状の中央領域と、該中央領域を包囲するように形成された光強度の比較的大きい円環状の周辺領域とを有することを特徴とする請求項 14 または 15 に記載の結晶化装置。

【請求項 1 7】 前記所定の光強度分布は、所定方向に沿って細長く延びた光強度の比較的小さい中央領域と、該中央領域を包囲または挟むように形成された光強度の比較的大きい周辺領域とを有することを特徴とする請求項 1 4 または 1 5 に記載の結晶化装置。

【請求項 1 8】 前記光強度分布形成素子は、前記照明瞳面またはその近傍に配置された所定の光透過率分布を有する透過フィルターを有することを特徴とする請求項 1 4 乃至 1 7 のいずれか 1 項に記載の結晶化装置。

【請求項 1 9】 前記位相シフトマスクの位相シフト面は、前記照明系側とは反対側の面に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 1 8 のいずれか 1 項に記載の結晶化装置。

【請求項 2 0】 前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜に照射される光強度分布は、前記位相シフトマスクの位相シフト部に対応する領域において光強度の最も小さい逆ピークパターン領域と、該逆ピークパターン領域から周囲に向かって光強度が増加する凹型パターン領域とを有し、前記逆ピークパターン領域と前記凹型パターン領域との間において周囲に向かって傾きが減じる変曲点を有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 9 のいずれか 1 項に記載の結晶化装置。

【請求項 2 1】 前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記位相シフトマスクとは互いにほぼ平行に且つ近接して配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 2 0 のいずれか 1 項に記載の結晶化装置。

【請求項 2 2】 前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記位相シフトマスクとの間の光路中に配置された第 2 結像光学系をさらに備え、

前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の表面は、前記第 2 結像光学系を介して前記位相シフトマスクと光学的に共役な面から光軸に沿って所定距離だけ離れて設定されていることを特徴とする請求項 1 乃至 2 0 のいずれか 1 項に記載の結晶化装置。

【請求項 2 3】 前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記位相シフトマスクとの間の光路中に配置された第 2 結像光学系をさらに備え、

前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の表面は、前記第 2 結像光学系

を介して前記位相シフトマスクと光学的に共役な面に設定され、

前記第 2 結像光学系の像側開口数は、前記逆ピークパターンの光強度分布を発生させるための所要の値に設定されていることを特徴とする請求項 1 乃至 2 0 のいずれか 1 項に記載の結晶化装置。

【請求項 2 4】 位相シフトマスクを照明し、前記位相シフトマスクの位相シフト部に対応する領域において光強度の最も小さい逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法において、

前記照明系からの光に基づいて、前記位相シフト部に対応する領域において光強度が最も小さく且つその周囲に向かって光強度が増加する凹型パターンの光強度分布を所定面に形成し、

結像光学系を介して前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の表面あるいはその共役面と前記所定面とを光学的に共役な関係に設定することを特徴とする結晶化方法。

【請求項 2 5】 前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記位相シフトマスクとを互いにほぼ平行に且つ近接して配置することを特徴とする請求項 2 4 に記載の結晶化方法。

【請求項 2 6】 前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記位相シフトマスクとの間の光路中に第 2 結像光学系を配置し、

前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の表面を前記位相シフトマスクと光学的に共役な面から前記第 2 結像光学系の光軸に沿って所定距離だけ離れて設定することを特徴とする請求項 2 4 に記載の結晶化方法。

【請求項 2 7】 前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記位相シフトマスクとの間の光路中に第 2 結像光学系を配置し、

前記第 2 結像光学系の像側開口数を前記逆ピークパターンの光強度分布を発生させるための所要の値に設定し、

前記第 2 結像光学系を介して前記位相シフトマスクと光学的に共役な面に前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の表面を設定することを特徴とする請求項 2 4 に記載の結晶化方法。



【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、結晶化装置および結晶化方法に関する。特に、本発明は、位相シフトマスクを用いて位相変調されたレーザ光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する装置および方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、たとえば液晶表示装置 (Liquid-Crystal-Display: LCD) の画素に印加する電圧を制御するスイッチング素子などに用いられる薄膜トランジスタ (Thin-Film-Transistor: TFT) の材料は、非晶質シリコン (amorphous-Silicon) と多結晶シリコン (poly-Silicon) とに大別される。

【0003】

多結晶シリコンは、非晶質シリコンよりも電子移動度が高い。したがって、多結晶シリコンを用いてトランジスタを形成した場合、非晶質シリコンを用いる場合よりも、スイッチング速度が速くなり、ひいてはディスプレイの応答が速くなり、他の部品の設計マージンを減らせるなどの利点がある。また、ディスプレイ本体以外にドライバ回路やDACなどの周辺回路をディスプレイに組み入れる場合に、それらの周辺回路をより高速に動作させることができる。

【0004】

多結晶シリコンは結晶粒の集合からなるが、結晶シリコンに比べると電子移動度が低い。また、多結晶シリコンを用いて形成した小型のトランジスタでは、チャネル部における結晶粒界数のバラツキが問題となる。そこで、最近、電子移動度を向上させ且つチャネル部における結晶粒界数のバラツキを少なくするために、大粒径の単結晶シリコンを生成する結晶化方法が提案されている。

【0005】

従来、この種の結晶化方法として、多結晶半導体膜または非晶質半導体膜と平行に近接させた位相シフトマスクにエキシマレーザ光を照射して結晶化半導体膜を生成する「位相制御ELA (Excimer Laser Annealing)」が知られている

。位相制御 E L A の詳細は、たとえば「表面科学 Vol.21, No.5, pp.278-287, 2000」に開示されている。

#### 【 0 0 0 6 】

位相制御 E L A では、位相シフトマスクの位相シフト部に対応する点において光強度がほぼ 0 の逆ピークパターン（中心において光強度がほぼ 0 で周囲に向かって光強度が急激に増大するパターン）の光強度分布を発生させ、この逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射する。その結果、光強度分布に応じて溶融領域が生じ、光強度がほぼ 0 の点に対応して溶けない部分または最初に凝固する部分に結晶核が形成され、その結晶核から周囲に向かって結晶が横方向に成長（ラテラル成長）することにより大粒径の単結晶が生成される。

#### 【 0 0 0 7 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上述したように、従来技術では、位相シフト部に対応する点において光強度がほぼ 0 の逆ピークパターンの光強度分布を有する光を半導体膜に照射し、その光強度分布において光強度がほぼ 0 の点に対応した部分の近傍に結晶核が形成されるので、結晶核の形成位置の制御が可能である。しかしながら、互いに隣接する 2 つの位相シフト部に対応して形成される 2 つの隣接した逆ピークパターンの間の中間部における光強度分布の制御を行うことは不可能である。

#### 【 0 0 0 8 】

実際に、従来技術では、中間部における光強度分布は不規則なうねり（光強度の増大と減少とを繰り返すような波状分布）を伴うのが一般的である。この場合、結晶化のプロセスにおいて、結晶核から周囲に向かって開始したラテラル成長が、中間部において光強度が減少する部分で停止してしまい、大きな結晶の成長が妨げられるという不都合があった。また、仮に中間部においてほぼ一様な光強度分布が得られたとしても、この一様な光強度分布の任意の位置でラテラル成長が停止してしまい、大きな結晶の成長が妨げられるという不都合があった。

#### 【 0 0 0 9 】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、結晶核からの十分なラテ

ラル成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成することのできる結晶化装置および結晶化方法を提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明の第 1 発明では、位相シフトマスクを照明する照明系を備え、前記位相シフトマスクの位相シフト部に対応する領域において光強度の最も小さい逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置において、

前記照明系からの光に基づいて、前記位相シフト部に対応する領域において光強度が最も小さく且つその周囲に向かって光強度が増加する凹型パターンの光強度分布を所定面に形成するための光学部材と、

前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の表面あるいはその共役面と前記所定面とを光学的に共役な関係に設定するための結像光学系とを備えていることを特徴とする結晶化装置を提供する。

【 0 0 1 1 】

第 1 発明の好ましい態様によれば、前記光学部材は、前記所定面に形成すべき凹型パターンの光強度分布に応じた透過率分布を有する透過型振幅変調マスクである。この場合、前記透過型振幅変調マスクは、一定の厚さを有する光透過部と、前記所定面に形成すべき凹型パターンの光強度分布に応じた厚さ分布を有する光吸収部とを有することが好ましい。また、前記光吸収部は、全体的に正弦波形状の表面を有することが好ましい。さらに、前記全体的に正弦波形状の表面は、連続的な曲面形状または段差形状に形成されていることが好ましい。

【 0 0 1 2 】

また、第 1 発明の好ましい態様によれば、前記光学部材は、前記所定面に形成すべき凹型パターンの光強度分布に応じた開口率分布を有する開口型振幅変調マスクである。この場合、前記開口型振幅変調マスクは、多数の微小透過領域または多数の微小遮光領域、もしくはその両方を有することが好ましい。また、前記微小透過領域および前記微小遮光領域の大きさは、前記結像光学系の解像度より

も実質的に小さく設定されていることが好ましい。さらに、前記結像光学系は縮小型の光学系であることが好ましい。

## 【 0 0 1 3 】

また、第 1 発明の好ましい態様によれば、前記光学部材は、前記所定面において、前記位相シフト部に対応して光束が発散されて照明される領域と前記位相シフト部の周囲に対応して光束が集光されて照明される領域とを生成する集光発散素子である。この場合、前記集光発散素子は、光束を発散させるための発散屈折面と光束を集光させるための集光屈折面とを有することが好ましい。また、前記発散屈折面と前記集光屈折面とは、全体的に正弦波形状の屈折面を形成していることが好ましい。さらに、前記全体的に正弦波形状の屈折面は、連続的な曲面形状または段差形状に形成されていることが好ましい。

## 【 0 0 1 4 】

また、第 1 発明の好ましい態様によれば、前記光学部材は、照明系の瞳面またはその近傍において中央よりも周辺において光強度の大きい所定の光強度分布を形成するための光強度分布形成素子と、前記照明系から供給された光束を複数の光束に波面分割し且つ波面分割された各光束を前記所定面において前記位相シフト部に対応する領域へ集光するための波面分割素子とを備えている。この場合、前記波面分割素子は、集光機能を有する複数の光学要素を有することが好ましい。また、前記所定の光強度分布は、光強度の比較的小さい円形状の中央領域と、該中央領域を包囲するように形成された光強度の比較的大きい円環状の周辺領域とを有することが好ましい。さらに、前記所定の光強度分布は、所定方向に沿って細長く延びた光強度の比較的小さい中央領域と、該中央領域を包囲または挟むように形成された光強度の比較的大きい周辺領域とを有することが好ましい。また、前記光強度分布形成素子は、前記照明瞳面またはその近傍に配置された所定の光透過率分布を有する透過フィルターを有することが好ましい。

## 【 0 0 1 5 】

また、第 1 発明の好ましい態様によれば、前記位相シフトマスクの位相シフト面は、前記照明系側とは反対側の面に形成されている。また、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜に照射される光強度分布は、前記位相シフトマスク

の位相シフト部に対応する領域において光強度の最も小さい逆ピークパターン領域と、該逆ピークパターン領域から周囲に向かって光強度が増加する凹型パターン領域とを有し、前記逆ピークパターン領域と前記凹型パターン領域との間において周囲に向かって傾きが減じる変曲点を有することが好ましい。

## 【 0 0 1 6 】

また、第 1 発明の好ましい態様によれば、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記位相シフトマスクとは互いにほぼ平行に且つ近接して配置されている。あるいは、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記位相シフトマスクとの間の光路中に配置された第 2 結像光学系をさらに備え、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の表面は、前記第 2 結像光学系を介して前記位相シフトマスクと光学的に共役な面から光軸に沿って所定距離だけ離れて設定されている。あるいは、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記位相シフトマスクとの間の光路中に配置された第 2 結像光学系をさらに備え、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の表面は、前記第 2 結像光学系を介して前記位相シフトマスクと光学的に共役な面に設定され、前記第 2 結像光学系の像側開口数は、前記逆ピークパターンの光強度分布を発生させるための所要の値に設定されている。

## 【 0 0 1 7 】

本発明の第 2 発明では、位相シフトマスクを照明し、前記位相シフトマスクの位相シフト部に対応する領域において光強度の最も小さい逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法において、前記照明系からの光に基づいて、前記位相シフト部に対応する領域において光強度が最も小さく且つその周囲に向かって光強度が増加する凹型パターンの光強度分布を所定面に形成し、結像光学系を介して前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の表面あるいはその共役面と前記所定面とを光学的に共役な関係に設定することを特徴とする結晶化方法を提供する。

## 【 0 0 1 8 】

第 2 発明の好ましい態様によれば、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導

体膜と前記位相シフトマスクとを互いにほぼ平行に且つ近接して配置する。あるいは、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記位相シフトマスクとの間の光路中に第2結像光学系を配置し、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の表面を前記位相シフトマスクと光学的に共役な面から前記第2結像光学系の光軸に沿って所定距離だけ離れて設定する。あるいは、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記位相シフトマスクとの間の光路中に第2結像光学系を配置し、前記第2結像光学系の像側開口数を前記逆ピークパターンの光強度分布を発生させるための所要の値に設定し、前記第2結像光学系を介して前記位相シフトマスクと光学的に共役な面に前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の表面を設定する。

## 【 0 0 1 9 】

## 【発明の実施の形態】

本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。

図1は、本発明の第1実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。また、図2は、図1の照明系の内部構成を概略的に示す図である。図1および図2を参照すると、第1実施形態の結晶化装置は、透過型振幅変調マスク1を照明する照明系2を備えている。照明系2は、たとえば248nmの波長を有する光を供給するKrFエキシマレーザ光源2aを備えている。なお、光源2aとして、XeClエキシマレーザ光源のような他の適当な光源を用いることもできる。

## 【 0 0 2 0 】

光源2aから供給されたレーザ光は、ビームエキスパンダ2bを介して拡大された後、第1フライアイレンズ2cに入射する。こうして、第1フライアイレンズ2cの後側焦点面には複数の光源が形成され、これらの複数の光源からの光束は第1コンデンサー光学系2dを介して、第2フライアイレンズ2eの入射面を重疊的に照明する。その結果、第2フライアイレンズ2eの後側焦点面には、第1フライアイレンズ2cの後側焦点面よりも多くの複数の光源が形成される。第2フライアイレンズ2eの後側焦点面に形成された複数の光源からの光束は、第2コンデンサー光学系2fを介して、透過型振幅変調マスク1を重疊的に照明す

る。

#### 【 0 0 2 1 】

ここで、第 1 フライアイレンズ 2 c および第 1 コンデンサー光学系 2 d は第 1 ホモジナイザを構成し、この第 1 ホモジナイザにより透過型振幅変調マスク 1 上での入射角度に関する均一化が図られる。また、第 2 フライアイレンズ 2 e および第 2 コンデンサー光学系 2 f は第 2 ホモジナイザを構成し、この第 2 ホモジナイザにより透過型振幅変調マスク 1 上での面内位置に関する均一化が図られる。こうして、照明系 2 は、ほぼ均一な光強度分布を有する光を透過型振幅変調マスク 1 に照射する。

#### 【 0 0 2 2 】

透過型振幅変調マスク 1 は、たとえば射出面に凹型パターンの光強度分布を形成する機能を有する光学部材であるが、詳細な構成および作用については後述する。透過型振幅変調マスク 1 により振幅変調されたレーザ光は、第 1 結像光学系 3 を介して、位相シフトマスク 4 を照明する。位相シフトマスク 4 についても、その詳細な構成および作用については後述する。位相シフトマスク 4 により位相変調されたレーザ光は、第 2 結像光学系 5 を介して、被処理基板 6 に照射される。ここで、被処理基板 6 の表面は、位相シフトマスク 4 の位相シフト面（図 1 中下側の面）と光学的に共役な面（第 2 結像光学系 5 の像面）から光軸に沿って所定距離だけ離れて設定されている。

#### 【 0 0 2 3 】

また、被処理基板 6 の表面は、第 1 結像光学系 3 と第 2 結像光学系 5 とを介して、透過型振幅変調マスク 1 の射出面と光学的に共役な位置に配置されている。被処理基板 6 は、たとえば液晶ディスプレイ用板ガラスの上に化学気相成長法により下地膜および非晶質シリコン膜を形成することにより得られる。被処理基板 6 は、真空チャックや静電チャックなどにより基板ステージ 7 上において所定の位置に保持されている。なお、第 1 結像光学系 3 および第 2 結像光学系 5 は、屈折型の光学系であってもよいし、反射型の光学系であってもよいし、屈折反射型の光学系であってもよい。

#### 【 0 0 2 4 】

図 3 は、第 1 実施形態における透過型振幅変調マスクの構成および作用を説明する図である。また、図 4 は、第 1 実施形態における透過型振幅変調マスクの製造方法を説明する図である。図 3 を参照すると、透過型振幅変調マスク 1 は、一定の厚さを有する平行平板状の光透過部 1 a と全体的に正弦波形状の表面を有する光吸収部 1 b とにより一体的に構成されている。なお、図 3 および図 4 では図面の明瞭化のために透過型振幅変調マスク 1 の基本単位部分だけを示しているが、透過型振幅変調マスク 1 は実際にはこの基本単位部分が透過率分布の方向（x 方向）に沿って一次元的に繰り返された形態を有する。

## 【 0 0 2 5 】

ここで、光吸収材（光遮蔽材）として、たとえばハーフトーン型位相シフトマスクで用いられる材料、すなわち MoSi、MoSiON、ZrSiO<sub>4</sub>、a-Carbon、SiN/TiN、TiSiN、Cr などを用いることができる。透過型振幅変調マスク 1 を製造するには、図 4 に示すように、たとえば石英ガラスからなる光透過部 1 a の上に、たとえば ZrSiO<sub>4</sub> からなる光吸収膜 1 d を均一に成膜した後、光吸収膜 1 d の表面にレジスト 1 e を塗布する。そして、ドーズ量を連続的に変えて電子ビーム描画および現像処理を施して連続的な曲面形状を有するレジスト膜 1 f を生成した後、ドライエッチング技術を用いることにより、連続的な曲面形状の表面を有する光吸収部 1 b を備えた透過型振幅変調マスク 1 を得ることができる。

## 【 0 0 2 6 】

なお、上述の製造方法において、例えば光吸収膜の形成およびパターンニングを複数回に亘って繰り返すことにより、段差形状の表面（たとえば 8 レベル段差で近似された表面）を有する光吸収部 1 b を備えた透過型振幅変調マスク 1 を得ることもできる。こうして、照明系 2 によりほぼ均一な光強度分布を有する光で照明された透過型振幅変調マスク 1 の射出面 1 c には、光吸収部 1 b の凸部の中心に対応する位置において光強度が最も小さく、その周囲に向かって光強度が増加し、光吸収部 1 b の凹部の中心に対応する位置において光強度が最も大きくなるような光強度分布、すなわち凹型パターンの光強度分布が形成される。

## 【 0 0 2 7 】

なお、透過型振幅変調マスク 1 における光吸収部 1 b の凸部の中心は、位相シ



フトマスク 4 の位相シフト部 4 e (図 5 を参照) に対応するように位置決めされている。したがって、透過型振幅変調マスク 1 は、照明系 2 からの光に基づいて位相シフト部 4 e に対応する領域において光強度が最も小さく且つその周囲に向かって光強度が増加する凹型パターンの光強度分布を射出面 (所定面) 1 c に形成するための光学部材を構成している。

## 【 0 0 2 8 】

図 5 は、位相シフトマスクの基本単位部分の構成および位相シフトマスクの全体構成を概略的に示す図である。図 5 (a) を参照すると、位相シフトマスク 4 の基本単位部分は、4 つの矩形状の領域 4 a ~ 4 d を有する。ここで、第 1 領域 4 a の透過光と第 2 領域 4 b の透過光との間には  $\pi / 2$  の位相差が付与され、第 2 領域 4 b の透過光と第 3 領域 4 c の透過光との間にも  $\pi / 2$  の位相差が付与され、第 3 領域 4 c の透過光と第 4 領域 4 d の透過光との間にも  $\pi / 2$  の位相差が付与され、第 4 領域 4 d の透過光と第 1 領域 4 a の透過光との間にも  $\pi / 2$  の位相差が付与されるように構成されている。

## 【 0 0 2 9 】

具体的は、たとえば位相シフトマスク 4 が 2 4 8 n m の波長を有する光に対して 1. 5 の屈折率を有する石英ガラスで形成されている場合、第 1 領域 4 a と第 2 領域 4 b との間には 1 2 4 n m の段差が付与され、第 1 領域 4 a と第 3 領域 4 c との間には 2 4 8 n m の段差が付与され、第 1 領域 4 a と第 4 領域 4 d との間には 3 7 2 n m の段差が付与されている。なお、各領域の境界線である 4 つの位相シフト線の交点は、位相シフト部 4 e を構成する。

## 【 0 0 3 0 】

位相シフトマスク 4 は、図 5 (b) に示すように、基本単位部分を二次元的に配置することにより構成されている。なお、図 5 (a) では図面の明瞭化のために位相シフト面が位相シフトマスク 4 の上側面に形成されているが、上述したように、図 1 において位相シフトマスク 4 の位相シフト面は第 2 結像光学系 5 側 (照明系 2 側とは反対側 : 図 1 中下側) の面に形成されている。

## 【 0 0 3 1 】

図 6 は、第 1 実施形態における位相シフトマスクの基本的作用を説明する図で

ある。以下、均一な光強度分布を有する光が入射した場合における位相シフトマスク 4 の基本的作用を説明する。この場合、位相シフトマスク 4 では、隣接する 2 つの領域の間の位相差が  $\pi/2$  に設定されているので、位相シフト線に対応する位置では光強度が減少するが 0 にはならない。一方、位相シフト線の交点を中心とする円形領域の複素透過率の積分値が 0 になるように設定されているので、この交点すなわち位相シフト部 4 e に対応する位置では光強度がほぼ 0 になる。

#### 【0032】

その結果、被処理基板 6 上では、図 6 に示すように、位相シフトマスク 4 の位相シフト部 4 e に対応する領域において光強度がほぼ 0 で且つ周囲に向かって急激に光強度が増加する逆ピークパターンの光強度分布が得られる。この逆ピークパターンの光強度分布は、x z 平面および y z 平面の双方において同様のプロファイルを有する。第 2 結像光学系 5 の解像度が十分だとすると、この逆ピークパターンの幅は第 2 結像光学系 5 の像面と被処理基板 6 との距離（すなわちデフォーカス量）の  $1/2$  乗に概ね比例して変化する。

#### 【0033】

前述したように、従来技術では、図 6 に示すような逆ピークパターンの光強度分布を有する光を半導体膜（多結晶半導体膜または非晶質半導体膜）に照射していた。この場合、互いに隣接する 2 つの位相シフト部に対応して形成される 2 つの隣接した逆ピークパターンの間の中間部における光強度分布は不規則なうねりを伴っているので、光強度がほぼ 0 の点に対応したピーク部分の近傍に形成された結晶核から周囲に向かって開始したラテラル成長が中間部において光強度の減少する部分で停止してしまい、大きな結晶の成長が妨げられる。そこで、第 1 実施形態では、結晶核からの十分なラテラル成長を実現するために、照明系 2 と位相シフトマスク 4 との間の光路中に、透過型振幅変調マスク 1 と第 1 結像光学系 3 とを導入している。

#### 【0034】

図 7 は、透過型振幅変調マスクと位相シフトマスクとの協働作用により被処理基板上で得られる光強度分布を説明する図である。第 1 実施形態では、上述したように、透過型振幅変調マスク 1 と第 1 結像光学系 3 とが介在しない状態を想定

すると、位相シフトマスク 4 は、均一な光強度分布を有する光に基づいて、図 6 に示すように位相シフト部 4 e に対応する領域において光強度の最も小さい逆ピークパターンの光強度分布を有する光に変換して被処理基板 6 に（ひいては半導体膜に）照射する機能を有する。

#### 【 0 0 3 5 】

一方、上述したように、透過型振幅変調マスク 1 の射出面 1 c と被処理基板 6 の表面とが第 1 結像光学系 3 と第 2 結像光学系 5 とを介して光学的に共役に配置されている。したがって、位相シフトマスク 4 が介在しない状態を想定すると、被処理基板 6 の表面には、透過型振幅変調マスク 1 の射出面 1 c と同様に、図 3 に示すように位相シフト部 4 e に対応する領域において光強度が最も小さく且つその周囲に向かって光強度が増加する凹型パターンの光強度分布が形成される。

#### 【 0 0 3 6 】

したがって、第 1 実施形態では、射出面 1 c に形成すべき凹型パターンの光強度分布に応じた透過率分布を有する透過型振幅変調マスク 1 と位相シフトマスク 4 との協働作用により、逆ピークパターンの光強度分布と凹型パターンの光強度分布との積で表される図 7 に示すような 2 段逆ピークパターンの光強度分布が被処理基板 6 の半導体膜上において得られる。図 7 に示す 2 段逆ピークパターンの光強度分布では、上述の逆ピークパターンに対応するように、位相シフト部 4 e に対応する領域において光強度がほぼ 0 で、その周囲に向かって放射状に急激に光強度が増加して所定の値に達する。その後、光強度は、上述の凹型パターンに対応するように、y 方向には変化することなく x 方向に沿ってのみほぼ単調に増加している。

#### 【 0 0 3 7 】

その結果、第 1 実施形態では、2 段逆ピークパターンの光強度分布において光強度がほぼ 0 の点（すなわち位相シフト部 4 e に対応する領域）に対応した部分の近傍に結晶核が形成される。次いで、結晶核から、光強度勾配（ひいては温度勾配）の大きい x 方向に沿って且つ周囲に向かってラテラル成長が開始される。このとき、2 段逆ピークパターンの光強度分布では、従来技術とは異なり中間部において光強度が減少する部分が実質的に存在しないので、ラテラル成長が途中

で停止することなく大きな結晶の成長を実現することができる。

#### 【 0 0 3 8 】

こうして、第 1 実施形態では、結晶核からの十分なラテラル成長を実現して、大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。特に、生成された大粒径の結晶では、ラテラル成長の方向（x 方向）に高い電子移動度を有するので、ラテラル成長の方向にトランジスタのソースドレインを配置することにより、良好な特性のトランジスタを製造することができる。

#### 【 0 0 3 9 】

なお、第 1 実施形態では、位相シフトマスク 4 と被処理基板 6 との間に介在する第 2 結像光学系 5 には非常に高い解像度および結像性能が求められるが、透過型振幅変調マスク 1 と位相シフトマスク 4 との間に介在する第 1 結像光学系 3 にはそれほど高い解像度および結像性能が求められない。換言すれば、透過型振幅変調マスク 1 の作用により被処理基板 6 の表面に形成される凹型パターンの光強度分布は第 1 結像光学系 3 および第 2 結像光学系 5 の解像度の影響をあまり敏感に受けないが、位相シフトマスク 4 の作用により被処理基板 6 の表面に形成される逆ピークパターンの光強度分布は第 2 結像光学系 5 の解像度の影響を非常に敏感に受ける。

#### 【 0 0 4 0 】

そこで、第 1 実施形態では、位相シフトマスク 4 の位相シフト面を第 2 結像光学系 5 側に形成する形態が好ましい。この形態により、第 1 結像光学系 3 は位相シフトマスク 4 のガラス基板部分を含むことになり、その収差の影響を受けて結像性能が低下し易いが、第 2 結像光学系 5 は位相シフトマスク 4 のガラス基板部分を含まないことになり、その収差の影響を受けることなく高い解像度および結像性能を確保することができる。

#### 【 0 0 4 1 】

図 8 は、第 1 実施形態の第 1 変形例にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。また、図 9 は、第 1 実施形態の第 1 変形例における開口型振幅変調マスクの構成およびその作用を説明する図である。第 1 実施形態の第 1 変形例は、第 1 実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、第 1 変形例では、透過型振

幅変調マスク 1 に代えて開口型振幅変調マスク 1 1 を用いている点が第 1 実施形態と基本的に相違している。以下、第 1 実施形態との相違点に着目して、第 1 変形例を説明する。なお、図 8 においては、図面の明瞭化のために、照明系 2 の内部構成の図示を省略している。

#### 【 0 0 4 2 】

第 1 実施形態の第 1 変形例にかかる開口型振幅変調マスク 1 1 は、図 9 に示すように、一定の厚さを有する光透過部材の表面（たとえば第 1 結像光学系 3 側の面すなわち射出面）に多数の微小透過領域と多数の微小遮光領域とを所定の分布にしたがって形成することにより構成されている。具体的には、開口型振幅変調マスク 1 1 は、たとえば一辺の長さが  $s$  の正形状のクロムからなる微小遮光領域を、石英ガラス基板上にスパッタした後にパターンニングすることにより形成される。

#### 【 0 0 4 3 】

ここで、開口型振幅変調マスク 1 1 の基本単位部分（図 9 に示す部分）における微小透過領域および微小遮光領域の分布すなわち開口率分布は、その射出面において凹型パターンの光強度分布が得られるように設定されている。すなわち、基本単位部分の中央において開口率分布が最も小さく且つ基本単位部分の両側に向かって開口率分布が増加するように設定されている。そして、開口型振幅変調マスク 1 1 の基本単位部分において開口率分布が最も小さい部分は、位相シフトマスク 4 の基本単位部分における位相シフト部 4 e に対応するように位置決めされている。

#### 【 0 0 4 4 】

なお、図 9 では図面の明瞭化のために開口型振幅変調マスク 1 1 の基本単位部分だけを示しているが、開口型振幅変調マスク 1 1 は実際にはこの基本単位部分が開口率分布の方向（ $x$  方向）に沿って一次元的に繰り返された形態を有する。こうして、照明系 2 によりほぼ均一な光強度分布を有する光で照明された開口型振幅変調マスク 1 1 の射出面には、位相シフト部 4 e に対応する領域において光強度が最も小さく、その周囲に向かって光強度が増加する凹型パターンの光強度分布が形成される。なお、図 9 では開口率分布のパターンとして一定寸法の正方

形要素の組み合わせで構成しているが、これに限定されない。例えば、長さや幅の変化する長方形の組み合わせなど、任意のパターンが用いられる。また、開口型振幅変調マスクは、光透過部材を有さないもの、例えば金属板に開口部を設けただけのものでもよい。

#### 【 0 0 4 5 】

第 1 変形例では、開口型振幅変調マスク 1 1 の射出面（凹型パターンの光強度分布が形成される所定面）が、第 1 結像光学系 3 と第 2 結像光学系 5 とを介して、被処理基板 6 の表面と光学的に共役な位置に配置されている。その結果、位相シフトマスク 4 が介在しない状態を想定すると、被処理基板 6 の表面には、開口型振幅変調マスク 1 1 の射出面と同様に、位相シフト部 4 e に対応する領域において光強度が最も小さく且つその周囲に向かって光強度が増加する凹型パターンの光強度分布が形成される。

#### 【 0 0 4 6 】

こうして、第 1 変形例では、開口型振幅変調マスク 1 1 と位相シフトマスク 4 との協働作用により、逆ピークパターンの光強度分布と凹型パターンの光強度分布との積で表される 2 段逆ピークパターンの光強度分布が被処理基板 6 の半導体膜上において得られる。その結果、第 1 変形例においても、2 段逆ピークパターンの光強度分布では、従来技術とは異なり中間部において光強度が減少する部分が実質的に存在しないので、ラテラル成長が途中で停止することなく大きな結晶の成長を実現することができる。

#### 【 0 0 4 7 】

なお、第 1 変形例では、開口型振幅変調マスク 1 1 における開口率分布が連続的ではなく離散的（段差的）に変化するので、開口型振幅変調マスク 1 1 の作用により被処理基板 6 の半導体膜上に形成される凹型パターンの光強度分布に微細なムラが発生し易い。しかしながら、凹型パターンの光強度分布に微細なムラが発生しても、光強度分布が温度分布に変換されたときに光強度分布の微細なムラが平均化されて温度分布の微細なムラとして実質的に残らなければその影響を無視することができる。

#### 【 0 0 4 8 】

被処理基板 6 の半導体膜上に形成される凹型パターンの光強度分布における微細なムラの発生を実質的に抑えるには、第 1 結像光学系 3 の解像度が開口の単位寸法  $s$  よりも大きく（低く）なるように、次の条件式（1）を満足することが好ましい。ここで、 $\lambda$  は照明系 2 から供給されるレーザ光の中心波長であり、 $NA1$  は第 1 結像光学系 3 の射出側の開口数である。すなわち、条件式（1）において不等号記号の右側の値は、第 1 結像光学系 3 の解像度  $R1$  を示している。

$$s < 1.22 \times \lambda / NA1 \quad (1)$$

【0049】

第 1 変形例では、第 1 結像光学系 3 の解像度をある程度低く設定することにより、開口型振幅変調マスク 11 における開口率分布が離散的（段差的）に変化していても、図 9 に示すように、被処理基板 6 の半導体膜上において滑らかに変化する凹型パターンの光強度分布を得ることができる。あるいは、処理基板 6 の半導体膜上に形成される凹型パターンの光強度分布における微細なムラの発生を実質的に抑えるには、第 1 結像光学系 3 に意図的に適度な収差を付与してもよい。また、開口型振幅変調マスク 11 に照射されるレーザ光によりクロムが劣化し易い場合には、第 1 結像光学系 3 を縮小型の光学系として構成することにより照射レーザ光の照度を相対的に低下させることが好ましい。

【0050】

図 10 は、第 1 実施形態の第 2 変形例にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。また、図 11 は、第 1 実施形態の第 2 変形例における集光発散素子の構成およびその作用を説明する図である。第 1 実施形態の第 2 変形例は、第 1 実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、第 2 変形例では、透過型振幅変調マスク 1 に代えて集光発散素子 12 を用いている点が第 1 実施形態と基本的に相違している。以下、第 1 実施形態との相違点に着目して、第 2 変形例を説明する。なお、図 10 においても、図面の明瞭化のために、照明系 2 の内部構成の図示を省略している。

【0051】

集光発散素子 12 の基本単位部分は、図 11 に示すように、その光射出側に全体的に正弦波形状の屈折面 12a を有する。この正弦波形状の屈折面 12a は、

x 方向に沿って一次元的に屈折機能を有するように形成されている。そして、正弦波形状の屈折面 1 2 a のうち、凹型の形状を有する発散屈折面 1 2 b の中心が位相シフトマスク 4 の基本単位部分の位相シフト部 4 e に対応するように位置決めされている。そして、発散屈折面 1 2 b の両側に、凸型の形状を有する集光屈折面 1 2 c が位置決めされている。なお、図 1 1 では図面の明瞭化のために集光発散素子 1 2 の基本単位部分だけを示しているが、集光発散素子 1 2 は実際にはこの基本単位部分が屈折機能を有する方向（x 方向）に沿って一次元的に繰り返された形態を有する。

#### 【 0 0 5 2 】

こうして、集光発散素子 1 2 に入射した光のうち、発散屈折面 1 2 b が形成された領域を介した光は発散作用を受け、集光屈折面 1 2 c が形成された領域を介した光は集光作用を受ける。その結果、照明系 2 からのほぼ均一な光強度分布を有する光が集光発散素子 1 2 に入射すると、その射出面から第 1 結像光学系 3 側にわずかに間隔を隔てた所定面 1 2 d には、位相シフト部 4 e に対応する領域において光強度が最も小さく、その周囲に向かって光強度が増加する凹型パターンの光強度分布が形成される。

#### 【 0 0 5 3 】

第 2 変形例では、位相変調マスクとしての集光発散素子 1 2 を介して凹型パターンの光強度分布が形成される所定面 1 2 d が、第 1 結像光学系 3 と第 2 結像光学系 5 とを介して、被処理基板 6 の表面と光学的に共役な位置に配置されている。その結果、位相シフトマスク 4 が介在しない状態を想定すると、被処理基板 6 の表面には、位相シフト部 4 e に対応する領域において光強度が最も小さく且つその周囲に向かって光強度が増加する凹型パターンの光強度分布が形成される。

#### 【 0 0 5 4 】

したがって、第 2 変形例では、集光発散素子 1 2 と位相シフトマスク 4 との協働作用により、逆ピークパターンの光強度分布と凹型パターンの光強度分布との積で表される 2 段逆ピークパターンの光強度分布が被処理基板 6 の半導体膜上において得られる。その結果、第 2 変形例においても、2 段逆ピークパターンの光強度分布では、従来技術とは異なり中間部において光強度が減少する部分が実質



的に存在しないので、ラテラル成長が途中で停止することなく大きな結晶の成長を実現することができる。

#### 【 0 0 5 5 】

集光発散素子 1 2 を製造するには、たとえば石英ガラス基板の表面にレジストを塗布し、ドーズ量を連続的に変えて電子ビーム描画および現像処理を施して、連続的な曲面形状を有するレジスト膜を生成する。その後、ドライエッチング技術を用いることにより、連続的な曲面形状の屈折面を有する集光発散素子 1 2 を得ることができる。なお、上述の製造方法において、例えばレジスト膜の形成およびパターニングを複数回に亘って繰り返すことにより、段差形状の屈折面を有する集光発散素子 1 2 を得ることもできる。

#### 【 0 0 5 6 】

ちなみに、集光発散素子 1 2 が段差形状の屈折面（たとえば 8 レベル段差で近似された屈折面）を有する場合、図 1 2（a）に示すように、その射出側の所定面 1 2 d においては滑らかに変化する凹型パターンの光強度分布を得ることができない。しかしながら、第 2 変形例では、第 1 結像光学系 3 の解像度をある程度低く設定することにより、集光発散素子 1 2 の屈折面を段差で近似しても、図 1 2（b）に示すように、被処理基板 6 の半導体膜上において滑らかに変化する凹型パターンの光強度分布を得ることができる。

#### 【 0 0 5 7 】

図 1 3 は、第 1 実施形態の第 3 変形例にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。また、図 1 4 は、図 1 3 の照明系の内部構成を概略的に示す図である。さらに、図 1 5 は、照明瞳面またはその近傍に配置された透過フィルターの構成を概略的に示す図である。第 1 実施形態の第 3 変形例は、第 1 実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、第 3 変形例では、透過型振幅変調マスク 1 の位置にマイクロレンズアレイ 1 3 を配置するとともに照明系 2 の照明瞳面またはその近傍に透過フィルター 1 4 を配置している点が第 1 実施形態と基本的に相違している。以下、第 1 実施形態との相違点に着目して、第 3 変形例を説明する。

#### 【 0 0 5 8 】

第 3 変形例では、図 1 3 を参照すると、第 1 実施形態における透過型振幅変調

マスク 1 の位置にマイクロレンズアレイ 1 3 が配置されている。また、図 1 4 を参照すると、照明系 2 において第 2 フライアイレンズ 2 e の後側焦点面（すなわち照明瞳面）またはその近傍には透過フィルター 1 4 が配置されている。さらに、図 1 5 を参照すると、透過フィルター 1 4 は、たとえば透過率が 5 0 % の円形状の中央領域 1 4 a と、中央領域 1 4 a を包囲するように形成された透過率がほぼ 1 0 0 % の円環状の周辺領域 1 4 b とを有する。

#### 【 0 0 5 9 】

したがって、透過フィルター 1 4 は、照明瞳面またはその近傍において、光強度の比較的小さい円形状の中央領域と、その中央領域を包囲するように形成された光強度の比較的大きい円環状の周辺領域とを有する光強度分布を形成する。なお、透過フィルター 1 4 の中央領域 1 4 a は、例えば透過率に応じた厚さのクロム膜（あるいは Z r S i O 膜など）をスパッタ法などにより形成した後、エッチングなどによってパターンニングすることにより得られる。この場合、遮光材料としてのクロムは、一部の光を反射し、一部の光を吸収する。

#### 【 0 0 6 0 】

あるいは、中央領域 1 4 a は、使用波長の光を部分的に反射するように設計された多層膜を形成しパターンニングすることにより得られる。反射材料としての多層膜を用いる場合、不要光の吸収によって発熱することがないという利点があるが、反射光が迷光となってフレアの原因にならないように考慮する必要がある。また、中央領域 1 4 a と周辺領域 1 4 b との間で位相差が実質的に発生しないように、遮光材料や反射材料の種類およびその厚さなどを調整する必要がある。

#### 【 0 0 6 1 】

図 1 6 は、位相シフトマスクおよびマイクロレンズアレイの基本単位部分の構成を概略的に示す図である。図 1 6 を参照すると、マイクロレンズアレイ 1 3 の基本単位部分である微小レンズ要素（光学要素） 1 3 a は、第 1 結像光学系 3 に向かって凸状で且つ二次曲面状（たとえば球面状）の屈折面 1 3 b を有する。すなわち、屈折面 1 3 b は、x 方向および y 方向に沿って二次元的な集光機能を有するように形成されている。そして、各微小レンズ要素の屈折面 1 3 b の中心が位相シフトマスク 4 の基本単位部分の位相シフト部 4 e に対応するように位置決

めされている。

【 0 0 6 2 】

こうして、マイクロレンズアレイ 1 3 の微小レンズ要素 1 3 a に入射した光は、屈折面 1 3 b を介して集光作用を受け、微小レンズ要素 1 3 a の焦点面（すなわちマイクロレンズアレイの後側焦点面） 1 3 c にスポット状の光束を形成する。マイクロレンズアレイ 1 3 は、微小レンズ要素 1 3 a を二次元的に（縦横に且つ稠密に）配置することにより構成されている。こうして、マイクロレンズアレイ 1 3 は、照明系 2 から供給された光束を複数の光束に波面分割し且つ波面分割された各光束を所定面 1 3 c において位相シフト部 4 e に対応する領域へ集光するための波面分割素子を構成している。第 3 変形例では、マイクロレンズアレイ 1 3 の後側焦点面 1 3 c が、第 1 結像光学系 3 と第 2 結像光学系 5 とを介して、被処理基板 6 の表面と光学的に共役な位置に配置されている。

【 0 0 6 3 】

図 1 7 は、透過フィルターとマイクロレンズアレイとの協働作用によりマイクロレンズアレイの後側焦点面上で得られる光強度分布を説明する図である。上述したように、透過フィルター 1 4 は、照明瞳面またはその近傍において、光強度の比較的小さい円形状の中央領域と光強度の比較的大きい円環状の周辺領域とを有する光強度分布を形成する。一方、マイクロレンズアレイ 1 3 の各微小レンズ要素 1 3 a は、入射光束を集光して、マイクロレンズアレイの後側焦点面 1 3 c において位相シフト部 4 e に対応する位置を中心としてスポット状の光束を形成する。

【 0 0 6 4 】

その結果、図 1 7 に示すように、マイクロレンズアレイの後側焦点面（所定面） 1 3 c 上では、位相シフト部 4 e に対応する領域において光強度が最も小さく且つその周囲に向かって光強度が増加する凹型パターンの光強度分布が得られる。具体的には、中心において光強度が最も小さく、その周囲に向かって光強度が増加し、その外周部において光強度が急激に低下するような凹型パターンの光強度分布が得られる。なお、この凹型パターンの光強度分布は、 $xz$  平面および  $yz$  平面の双方において同様のプロファイルを有する。

## 【 0 0 6 5 】

図 1 8 は、透過フィルターとマイクロレンズアレイと位相シフトマスクとの協働作用により被処理基板上で得られる光強度分布を説明する図である。上述したように、透過フィルター 1 4 とマイクロレンズアレイ 1 3 と第 1 結像光学系 3 とが介在しない状態を想定すると、位相シフトマスク 4 は、均一な光強度分布を有する光に基づいて、図 6 に示すように位相シフト部 4 e に対応する領域において光強度の最も小さい逆ピークパターンの光強度分布を有する光に変換して被処理基板 6 に（ひいては半導体膜に）照射する機能を有する。

## 【 0 0 6 6 】

一方、透過フィルター 1 4 とマイクロレンズアレイ 1 3 とは、中心において光強度が最も小さく且つその周囲に向かって光強度が増加する凹型パターンの光強度分布を有するスポット状の光束をマイクロレンズアレイの後側焦点面 1 3 c に照射する機能を有する。また、上述したように、位相変調マスクとしてのマイクロレンズアレイ 1 3 の後側焦点面 1 3 c と被処理基板 6 の表面とが光学的に共役に配置されているので、位相シフトマスク 4 が介在しない状態を想定すると、被処理基板 6 の表面には、位相シフト部 4 e に対応する領域において光強度が最も小さく且つその周囲に向かって光強度が増加する凹型パターンの光強度分布が形成される。

## 【 0 0 6 7 】

したがって、第 3 変形例では、透過フィルター 1 4 とマイクロレンズアレイ 1 3 と位相シフトマスク 4 との協働作用により、逆ピークパターンの光強度分布と凹型パターンの光強度分布との積で表される図 1 8 に示すような 2 段逆ピークパターンの光強度分布が被処理基板 6 の半導体膜上において得られる。その結果、第 3 変形例においても、2 段逆ピークパターンの光強度分布では、従来技術とは異なり中間部において光強度が減少する部分が実質的に存在しないので、ラテラル成長が途中で停止することなく大きな結晶の成長を実現することができる。

## 【 0 0 6 8 】

なお、第 3 変形例では、マイクロレンズアレイ 1 3 の微小レンズ要素 1 3 a の屈折面 1 3 b の曲率が x 方向と y 方向とで異なるように設定し、ひいては凹型パ

ターンに対応する外側の逆ピークパターンにおける光強度勾配がx方向とy方向とで異なるように設定し、所望の方向に沿ってラテラル成長を導くことができる。この場合、生成された大粒径の結晶では、ラテラル成長の方向に高い電子移動度を有するので、ラテラル成長の方向にトランジスタのソースドレインを配置することにより、良好な特性のトランジスタを製造することができる。

## 【 0 0 6 9 】

ところで、たとえば液晶表示装置を製造する場合、上述のような結晶化の必要なトランジスタ領域が各画素領域において占める割合は非常に小さいのが一般的である。第3変形例では、マイクロレンズアレイ13に入射した光が多数の微小レンズ要素13aによって波面分割され、各微小レンズ要素13aを介して集光された光束は、被処理基板6上において各トランジスタ領域を包囲するスポット状の光束を形成する。その結果、照明系2から供給される光の大部分を所望のトランジスタ領域の結晶化に寄与させることができ、光効率の良好な結晶化を実現することができる。

## 【 0 0 7 0 】

なお、第3変形例では、波面分割素子としてのマイクロレンズアレイ13が、二次元的に配置して構成された複数の光学要素（微小レンズ要素）を有し、各光学要素は二次曲面状の屈折面を介して二次元的な集光機能を有する。しかしながら、これに限定されることなく、たとえばマイクロシリンドリカルレンズアレイを用いる変形例も可能である。マイクロシリンドリカルレンズアレイは、所定の方向に沿って一次元的に配置された複数の光学要素を有し、各光学要素は所定の方向に沿って一次元的な集光機能を有する屈折面を有する。この場合、マイクロシリンドリカルレンズアレイの使用に合わせて、図19に示すような透過フィルター15を用いることが望ましい。

## 【 0 0 7 1 】

透過フィルター15は、たとえば透過率が50%の細長い矩形状の中央領域15aと、中央領域15aを挟むように形成された透過率がほぼ100%の一对の半円形状の周辺領域15bとを有する。したがって、透過フィルター15は、照明瞳面またはその近傍において、光強度の比較的小さい細長い矩形状の中央領域

と、その中央領域を挟むように形成された光強度の比較的大きい一対の半円形状の周辺領域とを有する光強度分布を形成する。ここで、透過フィルター 15 における中央領域 15 a の長手方向と、マイクロシリンドリカルレンズアレイにおける各微小シリンドリカルレンズ要素の長手方向とは、光学的に対応するように設定されている。

## 【 0 0 7 2 】

こうして、マイクロシリンドリカルレンズアレイに入射した光が多数の微小シリンドリカルレンズ要素によって波面分割され、各微小シリンドリカルレンズ要素を介して集光された光束は、被処理基板 6 上において各トランジスタ領域を包囲するスリット状の光束を形成する。この場合、被処理基板 6 上において形成されるスリット状の光束の光強度分布は、その短辺方向に沿って図 18 に示すようなプロファイルを有し、その長手方向に沿って一様なプロファイルを有する。

## 【 0 0 7 3 】

すなわち、マイクロシリンドリカルレンズアレイおよび透過フィルター 15 を用いる場合、図 20 に示すような 2 段逆ピークパターンの光強度分布が得られる。その結果、2 段逆ピークパターンの光強度分布において光強度がほぼ 0 の点の近傍において結晶核が形成され、この結晶核から光強度勾配のある方向に沿って且つ周囲に向かって外周部の近傍までラテラル成長が行われるので、大きな結晶の成長を実現することができる。

## 【 0 0 7 4 】

図 21 は、本発明の第 2 実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。第 2 実施形態は、第 1 実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、第 2 実施形態では、位相シフトマスク 4 と被処理基板 6 との間の光路から第 2 結像光学系 5 を取り除いている点が第 1 実施形態と基本的に相違している。以下、第 1 実施形態との相違点に着目して、第 2 実施形態を説明する。なお、図 21 においても、図面の明瞭化のために、照明系 2 の内部構成の図示を省略している。

## 【 0 0 7 5 】

第 2 実施形態では、図 21 に示すように、位相シフトマスク 4 と被処理基板 6 とが平行に且つ近接して配置されている。また、被処理基板 6 の表面は、第 1 結

像光学系 3 を介して、透過型振幅変調マスク 1 の射出面と光学的に共役な位置に配置されている。この場合、透過型振幅変調マスク 1 が介在しない状態を想定すると、位相シフトマスク 4 は、均一な光強度分布を有する光に基づいて、図 6 に示すように位相シフト部 4 e に対応する領域において光強度の最も小さい逆ピークパターンの光強度分布を被処理基板 6 の表面上に形成する。なお、逆ピークパターンの幅寸法は、位相シフトマスク 4 と被処理基板 6 との距離（すなわちデフォーカス量）の  $1/2$  乗に比例して変化する。

## 【 0 0 7 6 】

したがって、第 2 実施形態においても第 1 実施形態と同様に、透過型振幅変調マスク 1 と位相シフトマスク 4 との協働作用により 2 段逆ピークパターンの光強度分布が被処理基板 6 の半導体膜上に形成されるので、結晶核からの十分なラテラル成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。また、開口型振幅変調マスク 1 1 を用いる第 1 変形例、集光発散素子 1 2 を用いる第 2 変形例、およびマイクロレンズアレイ 1 3 と透過フィルター 1 4 とを用いる第 3 変形例を、第 2 実施形態に対しても第 1 実施形態と同様に適用することができる。

## 【 0 0 7 7 】

図 2 2 は、本発明の第 3 実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。第 3 実施形態は、第 1 実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、第 3 実施形態では、第 2 結像光学系 5 を介して位相シフトマスク 4 の位相シフト面と被処理基板 6 の表面とが光学的に共役な関係に設定されている点が第 1 実施形態と基本的に相違している。以下、第 1 実施形態との相違点に着目して、第 3 実施形態を説明する。なお、図 2 2 においても、図面の明瞭化のために、照明系 2 の内部構成の図示を省略している。

## 【 0 0 7 8 】

第 3 実施形態では、上述のように、位相シフトマスク 4 の位相シフト面と被処理基板 6 の表面とが第 2 結像光学系 5 を介して光学的に共役な関係に設定されている。また、被処理基板 6 の表面は、第 1 結像光学系 3 と第 2 結像光学系 5 とを介して、透過型振幅変調マスク 1 の射出面と光学的に共役な位置に配置されている。さらに、第 2 結像光学系 5 は、その瞳面に配置された開口絞り 5 a を備えて

いる。開口絞り 5 a は、開口部（光透過部）の大きさの異なる複数の開口絞りを有し、これらの複数の開口絞りは光路に対して交換可能に構成されている。あるいは、開口絞り 5 a は、開口部の大きさを連続的に変化させることのできる虹彩絞りを有する。いずれにしても、開口絞り 5 a の開口部の大きさ（ひいては第 2 結像光学系 5 の像側開口数）は、被処理基板 6 の半導体膜上において所要の逆ピークパターンの光強度分布を発生させるように設定されている。

## 【 0 0 7 9 】

この場合、位相シフトマスク 4 の作用により被処理基板 6 の半導体膜上に形成される逆ピークパターンの幅寸法は、第 2 結像光学系 5 の解像度  $R_2$  と同程度になる。第 2 結像光学系 5 の解像度  $R_2$  は、使用光の波長を  $\lambda$  とし、第 2 結像光学系 5 の像側開口数を  $NA_2$  とすると、 $R_2 = k \lambda / NA_2$  で規定される。ここで、定数  $k$  は、位相シフトマスク 4 を照明する照明系 2 の仕様や、光源 1 から供給される光束のコヒーレンスの程度、解像度の定義にもよるが、ほぼ 1 に近い値である。このように、第 3 実施形態では、第 2 結像光学系 5 の像側開口数  $NA$  を小さくして、第 2 結像光学系 5 の解像度を低下させると、逆ピークパターンの幅寸法が大きくなる。

## 【 0 0 8 0 】

第 3 実施形態においても第 1 実施形態および第 2 実施形態と同様に、透過型振幅変調マスク 1 と位相シフトマスク 4 との協働作用により 2 段逆ピークパターンの光強度分布が被処理基板 6 の半導体膜上に形成されるので、結晶核からの十分なラテラル成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。また、開口型振幅変調マスク 1 1 を用いる第 1 変形例、集光発散素子 1 2 を用いる第 2 変形例、およびマイクロレンズアレイ 1 3 と透過フィルター 1 4 とを用いる第 3 変形例を、第 3 実施形態に対しても第 1 実施形態と同様に適用することができる。

## 【 0 0 8 1 】

なお、第 2 実施形態では被処理基板 6 におけるアブレーションに起因して位相シフトマスク 4 が汚染され、ひいては良好な結晶化が妨げられることがある。これに対して、第 1 実施形態および第 3 実施形態では、位相シフトマスク 4 と被処



理基板 6 との間に第 2 結像光学系 5 が介在し且つ被処理基板 6 と第 2 結像光学系 5 との間隔も比較的大きく確保されているので、被処理基板 6 におけるアブレーションの影響を受けることなく良好な結晶化を実現することができる。

#### 【 0 0 8 2 】

また、第 2 実施形態では、位相シフトマスク 4 と被処理基板 6 との間に設定すべき間隔が非常に小さい（たとえば数  $\mu\text{m}$  ～数百  $\mu\text{m}$ ）ので、位相シフトマスク 4 と被処理基板 6 との間の狭い光路中に位置検出のための検出光を導入することが困難であり、ひいては位相シフトマスク 4 と被処理基板 6 との間隔を調整することが困難である。これに対して、第 1 実施形態および第 3 実施形態では、被処理基板 6 と第 2 結像光学系 5 との間隔が比較的大きく確保されているので、その間の光路中に位置検出のための検出光を導入して、被処理基板 6 と第 2 結像光学系 5 との位置関係を調整することが容易である。

#### 【 0 0 8 3 】

なお、上述の第 2 変形例では、連続的な曲面やその多段近似に限定されことなく、位相差にして  $0 \sim 2\pi$  の範囲を折り返した「キノフォーム」として集光発散素子 1 2 を構成することもできる。また、集光発散素子 1 2 に屈折面を付与することなく、光学材料の屈折率分布によりその集光発散作用を実現してもよい。この場合、光強度により屈折率が変調されるフォトポリマーや、ガラスのイオン交換などの従来技術を使用することができる。また、ホログラムもしくは回折光学素子を用いて、集光発散素子 1 2 と等価な光変換作用を実現してもよい。

#### 【 0 0 8 4 】

また、上述の第 2 変形例では、集光発散素子 1 2 の屈折面が一次元的に屈折機能を有するように形成されているが、これに限定されことなく、直交する 2 つの方向に沿って二次元的に屈折機能を有するように設定することもできる。この場合、集光発散素子 1 2 の作用により被処理基板 6 上に形成される凹型パターンの光強度分布では、直交する 2 つの平面において同様の凹型のプロファイルを有することになる。

#### 【 0 0 8 5 】

なお、第 3 変形例では、マイクロレンズアレイ 1 3 およびマイクロシリンドリ

カルレンズアレイにおける屈折面を連続的な曲面形状に形成してもよいし、あるいは段差形状に形成してもよい。また、連続的な曲面やその多段近似に限定されることなく、位相差にして  $0 \sim 2\pi$  の範囲を折り返した「キノフォーム」として分割波面素子を構成することもできる。また、分割波面素子に屈折面を付与することなく、光学材料の屈折率分布によりその作用を実現してもよい。この場合、光強度により屈折率が変調されるフォトポリマーや、ガラスのイオン交換などの従来技術を使用することができる。また、ホログラムもしくは回折光学素子を用いて、分割波面素子を実現してもよい。

## 【 0 0 8 6 】

さらに、上述の各実施形態では、位相シフトマスク 4 が、 $0$ 、 $\pi/2$ 、 $\pi$ 、 $3\pi/2$  の位相に対応する 4 つの矩形状の領域から構成されているが、これに限定されることなく、位相シフトマスクについて様々な変形例が可能である。たとえば、3 以上の位相シフト線からなる交点（位相シフト部）を有し、この交点を中心とする円形領域の複素透過率の積分値がほぼ 0 であるような位相シフトマスクを用いることができる。また、図 2 3 に示すように、位相シフト部に対応する円形状の段差を有し、この円形状の段差部分の透過光とその周囲の透過光との位相差が  $\pi$  になるように設定された位相シフトマスクを用いることもできる。

## 【 0 0 8 7 】

ところで、図 7 および図 1 8 を再び参照すると、被処理基板 6 の半導体膜（多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜）に照射される光強度分布は、位相シフトマスク 4 の位相シフト部 4 e に対応する領域において光強度の最も小さい逆ピークパターン領域と、この逆ピークパターン領域から周囲に向かって光強度が増加する凹型パターン領域とを有する。そして、この 2 段逆ピークパターンの光強度分布は、逆ピークパターン領域と凹型パターン領域との間において周囲に向かって傾きが減じる変曲点を有する。

## 【 0 0 8 8 】

この場合、逆ピークパターンの光強度分布において傾きの大きな位置に結晶核は発生する。これを詳しく述べると、逆ピークパターンの中心部に多結晶が生成し、その後その外側の結晶が核となり結晶が成長するが、その位置は一般に傾き

の大きな位置となる。したがって、逆ピークパターン領域と凹型パターン領域との間において傾きが減じる変曲点が存在しないような光強度分布を被処理基板 6 の半導体膜に照射しても、結晶核の発生位置が外側になり、結晶化する領域の面積が狭くなってしまう。なお、光強度分布は設計の段階でも計算できるが、実際の被処理面（被露光面）での光強度分布を観察して確認しておくことが望ましい。そのためには、被処理面を光学系で拡大し、CCDなどの撮像素子で入力すれば良い。使用光が紫外線の場合は、光学系が制約を受けるため、被処理面に蛍光板を設けて可視光に変換しても良い。

## 【 0 0 8 9 】

図 2 4 は、各実施形態の結晶化装置を用いて電子デバイスを作製する工程を示す工程断面図である。図 2 4 (a) に示すように、絶縁基板 2 0 (例えば、アルカリガラス、石英ガラス、プラスチック、ポリイミドなど) の上に、下地膜 2 1 (例えば、膜厚 5 0 n m の  $\text{SiN}$  および膜厚 1 0 0 n m の  $\text{SiO}_2$  積層膜など) および非晶質半導体膜 2 2 (例えば、膜厚 5 0 n m ~ 2 0 0 n m 程度の  $\text{Si}$ ,  $\text{Ge}$ ,  $\text{SiGe}$  など) を、化学気相成長法やスパッタ法などを用いて成膜することにより、被処理基板 6 を準備する。そして、各実施形態の結晶化装置を用いて、非晶質半導体膜 2 2 の表面の一部もしくは全部に、レーザ光 2 3 (例えば、 $\text{KrF}$  エキシマレーザ光や  $\text{XeCl}$  エキシマレーザ光など) を照射する。

## 【 0 0 9 0 】

こうして、図 2 4 (b) に示すように、従来の結晶化装置を用いて生成された多結晶半導体膜に比べて大粒径の結晶を有する多結晶半導体膜または単結晶化半導体膜 2 4 が生成される。次に、図 2 4 (c) に示すように、フォトリソグラフィ技術を用いて多結晶半導体膜または単結晶化半導体膜 2 4 を島状の半導体膜 2 5 に加工し、ゲート絶縁膜 2 6 として膜厚 2 0 n m ~ 1 0 0 n m の  $\text{SiO}_2$  膜を化学気相成長法やスパッタ法などを用いて成膜する。さらに、図 2 4 (d) に示すように、ゲート電極 2 7 (例えば、シリサイドや  $\text{MoW}$  など) を形成し、ゲート電極 2 7 をマスクにして不純物イオン 2 8 ( $\text{N}$  チャネルトランジスタの場合にはリン、 $\text{P}$  チャネルトランジスタの場合にはホウ素) を注入する。その後、窒素雰囲気アニール処理 (例えば、 $450^\circ\text{C}$  で 1 時間) を行い、不純物を活性化

する。

#### 【 0 0 9 1 】

次に、図 2 4 ( e ) に示すように、層間絶縁膜 2 9 を成膜してコンタクト穴をあけ、チャネル 3 0 でつながるソース 3 1 およびドレイン 3 2 に接続するソース電極 3 3 およびドレイン電極 3 4 を形成する。このとき、図 2 4 ( a ) および ( b ) に示す工程において生成された多結晶半導体膜または単結晶化半導体膜 2 4 の大粒径結晶の位置に合わせて、チャネル 3 0 を形成する。以上の工程により、多結晶トランジスタまたは単結晶化半導体トランジスタを形成することができる。こうして製造された多結晶トランジスタまたは単結晶化トランジスタは、液晶ディスプレイや E L ( エレクトロルミネッセンス ) ディスプレイなどの駆動回路や、メモリ ( S R A M や D R A M ) や C P U などの集積回路などに適用可能である。

#### 【 0 0 9 2 】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明では、たとえば振幅変調マスクや位相変調マスクと位相シフトマスクとの協働作用により 2 段逆ピークパターンの光強度分布が被処理基板の半導体膜上に形成されるので、結晶核からの十分なラテラル成長を実現して、大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明の第 1 実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。

##### 【図 2】

図 1 の照明系の内部構成を概略的に示す図である。

##### 【図 3】

第 1 実施形態における透過型振幅変調マスクの構成および作用を説明する図である。

##### 【図 4】

第 1 実施形態における透過型振幅変調マスクの製造方法を説明する図である。

##### 【図 5】

位相シフトマスクの基本単位部分の構成および位相シフトマスクの全体構成を概略的に示す図である。

【図 6】

第 1 実施形態における位相シフトマスクの基本的作用を説明する図である。

【図 7】

透過型振幅変調マスクと位相シフトマスクとの協働作用により被処理基板上で得られる光強度分布を説明する図である。

【図 8】

第 1 実施形態の第 1 変形例にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。

【図 9】

第 1 実施形態の第 1 変形例における開口型振幅変調マスクの構成およびその作用を説明する図である。

【図 1 0】

第 1 実施形態の第 2 変形例にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。

【図 1 1】

第 1 実施形態の第 2 変形例における集光発散素子の構成およびその作用を説明する図である。

【図 1 2】

第 2 変形例において集光発散素子の射出面に形成される凹型パターンの光強度分布と被処理基板上に形成される凹型パターンの光強度分布とを対比させた図である。

【図 1 3】

第 1 実施形態の第 3 変形例にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。

【図 1 4】

図 1 3 の照明系の内部構成を概略的に示す図である。

【図 1 5】

照明瞳面またはその近傍に配置された透過フィルターの構成を概略的に示す図である。

【図 1 6】

位相シフトマスクおよびマイクロレンズアレイの基本単位部分の構成を概略的に示す図である。

【図 1 7】

透過フィルターとマイクロレンズアレイとの協働作用によりマイクロレンズアレイの後側焦点面上で得られる光強度分布を説明する図である。

【図 1 8】

透過フィルターとマイクロレンズアレイと位相シフトマスクとの協働作用により被処理基板上で得られる光強度分布を説明する図である。

【図 1 9】

透過フィルターの変形例を示す図である。

【図 2 0】

変形例にかかる透過フィルターとマイクロシリンドリカルレンズアレイとを用いて被処理基板上で得られる光強度分布を説明する図である。

【図 2 1】

本発明の第 2 実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。

【図 2 2】

本発明の第 3 実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。

【図 2 3】

位相シフトマスクの変形例を示す図である。

【図 2 4】

各実施形態の結晶化装置を用いて電子デバイスを作製する工程を示す工程断面図である。

【符号の説明】

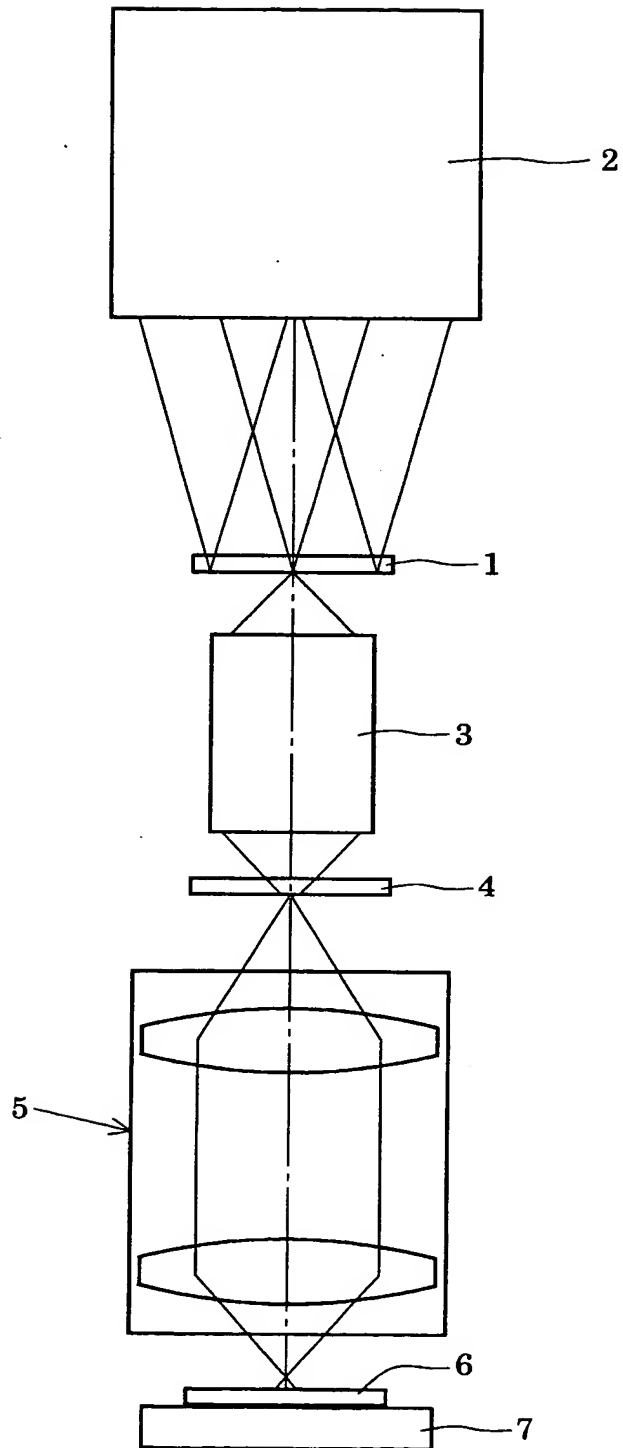
- 1 透過型振幅変調マスク
- 2 照明系
- 2 a K r F エキシマレーザ光源

- 2 b    ビームエキスパンダ
- 2 c, 2 e    フライアイレンズ
- 2 d, 2 f    コンデンサー光学系
- 3    第 1 結像光学系
- 4    位相シフトマスク
- 5    第 2 結像光学系
- 6    被処理基板
- 7    基板ステージ
- 1 1    開口型振幅変調マスク
- 1 2    集光発散素子
- 1 3    マイクロレンズアレイ
- 1 4, 1 5    透過フィルター

【書類名】

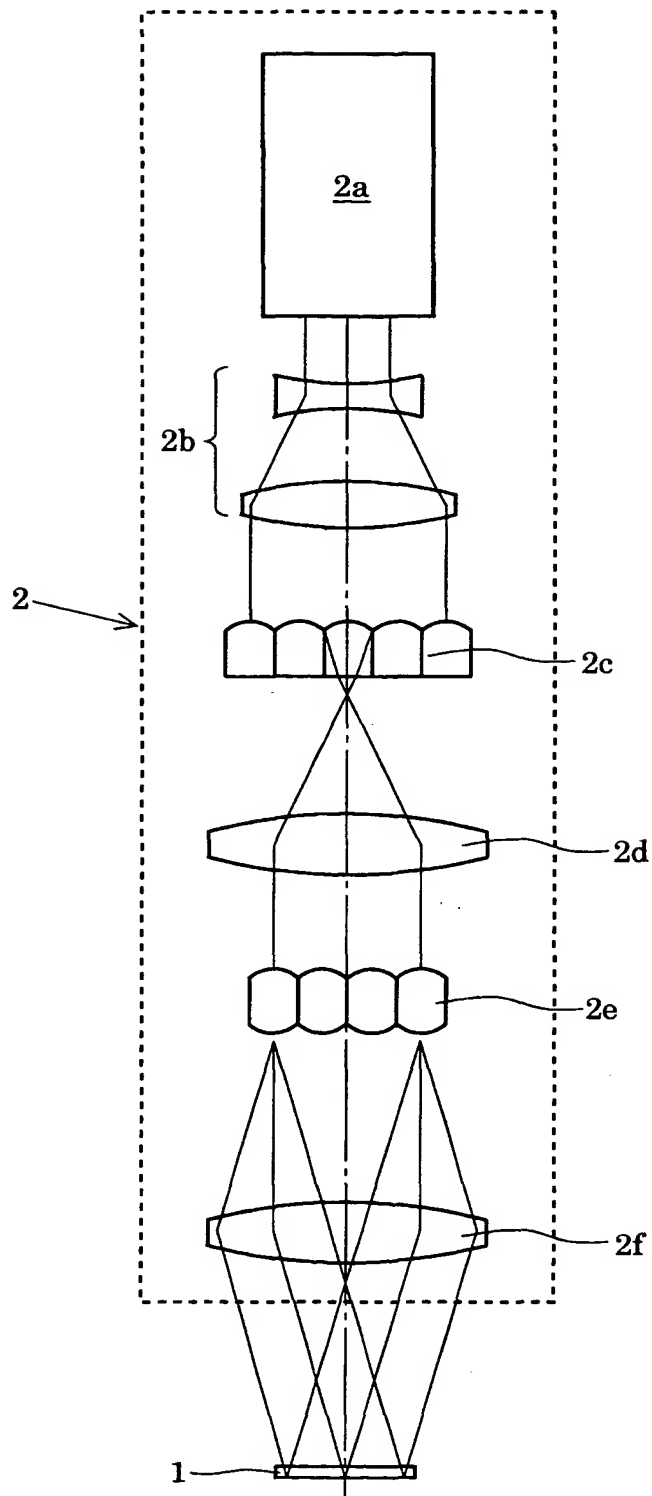
図面

【図 1】

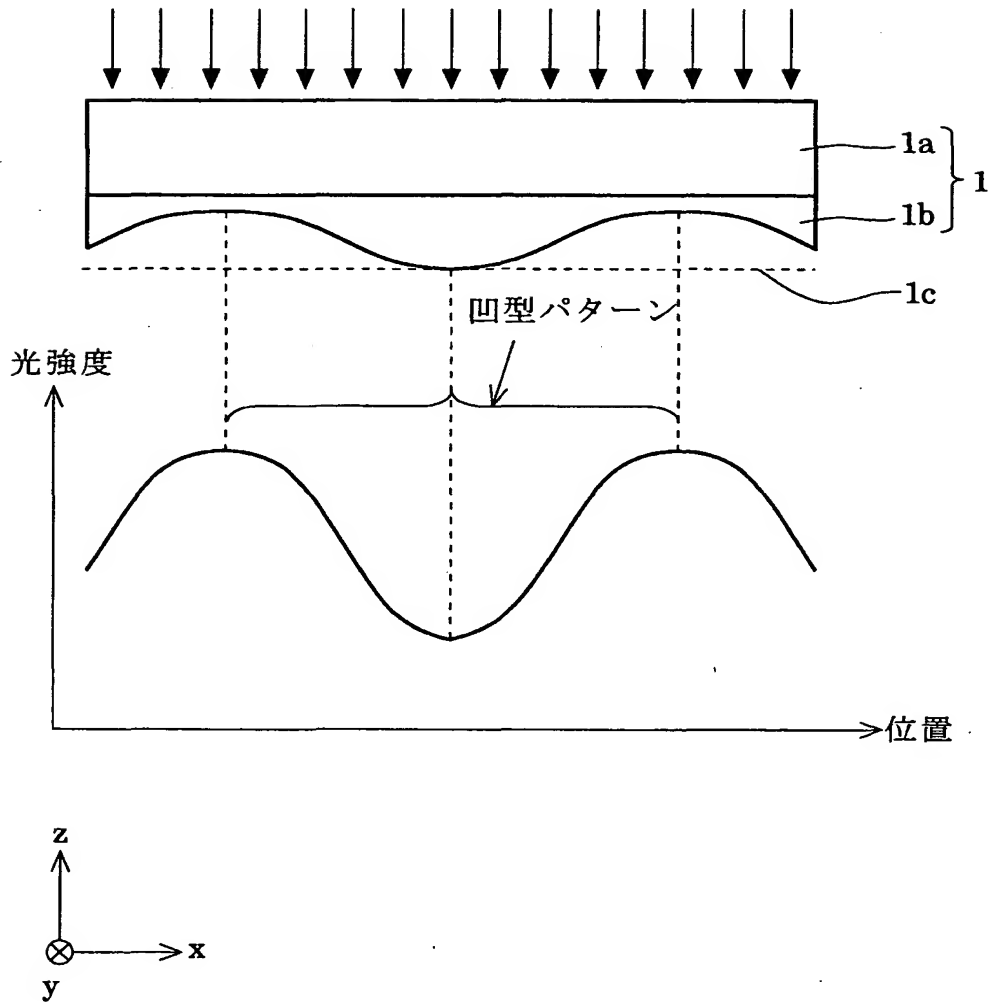




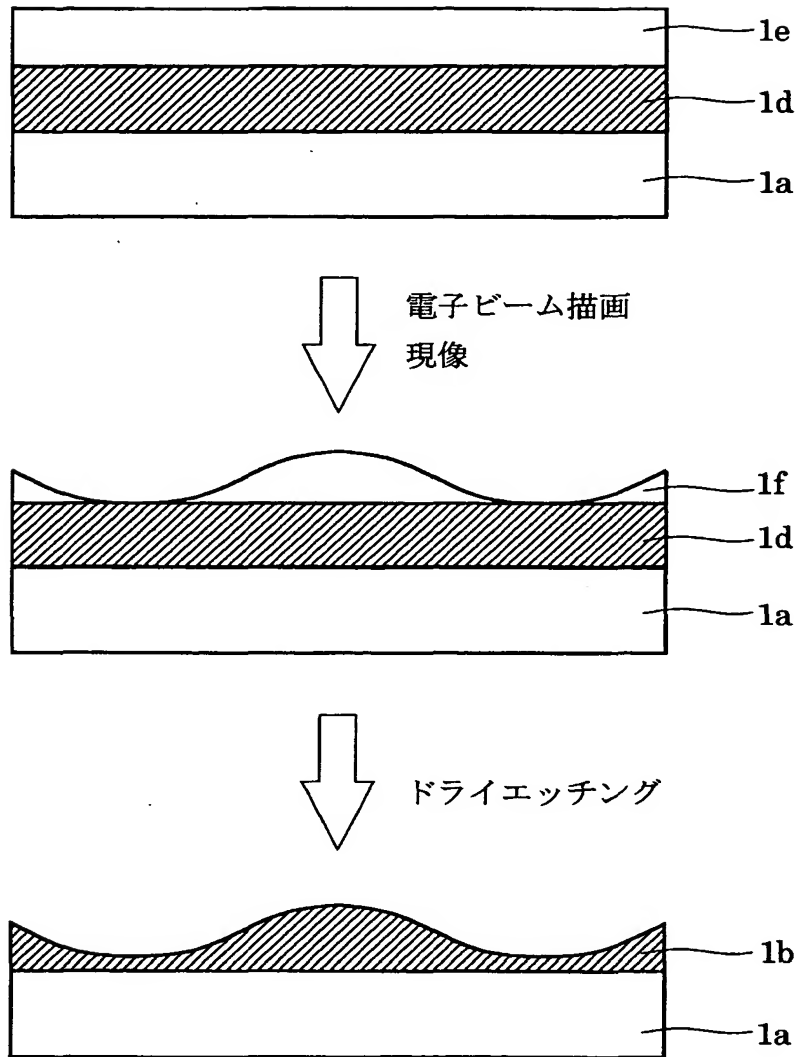
【図 2】



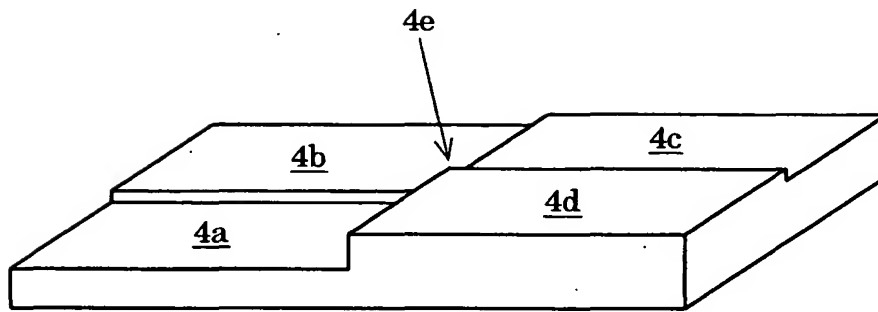
【図 3】



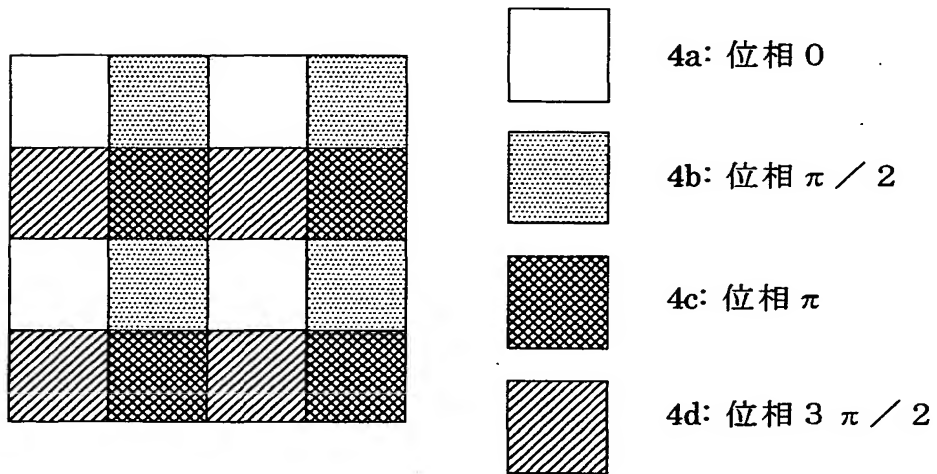
【図 4】



【图 5】

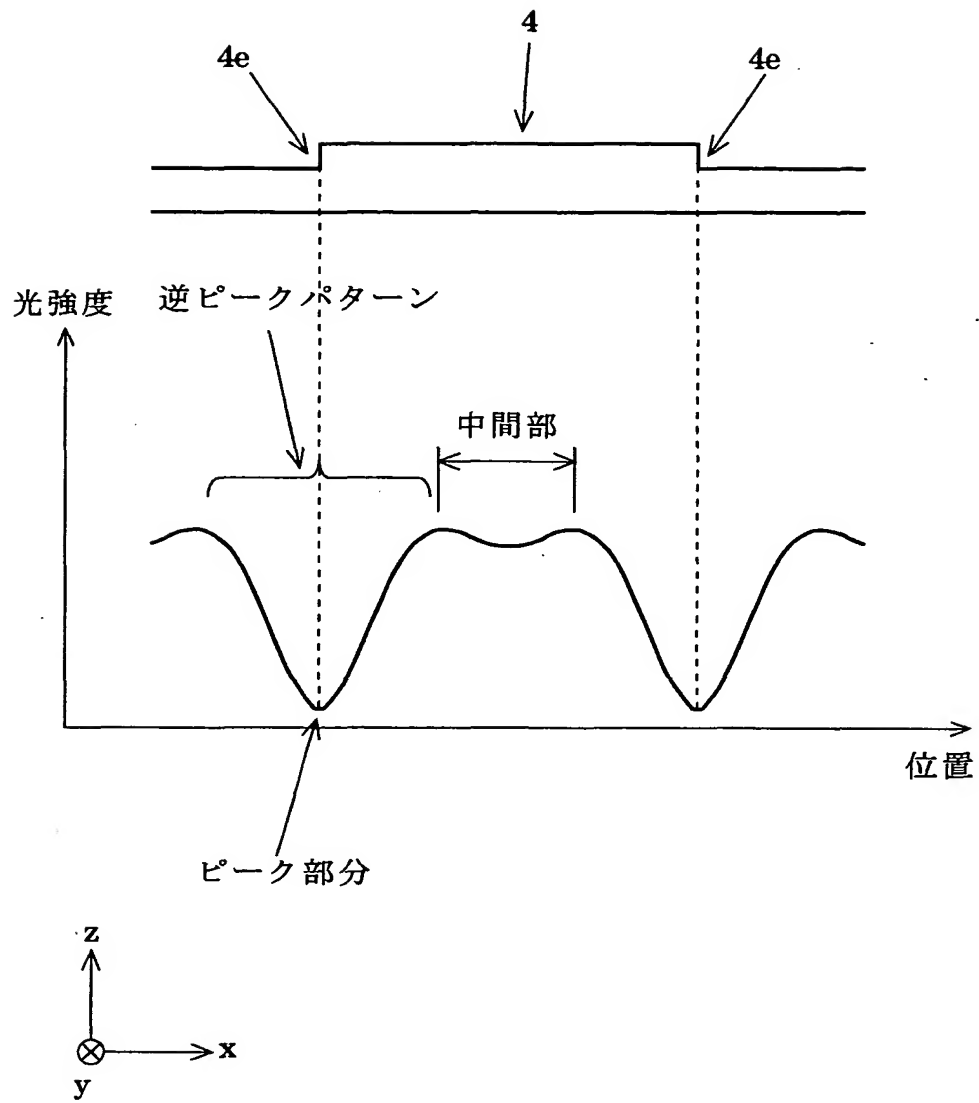


(a)

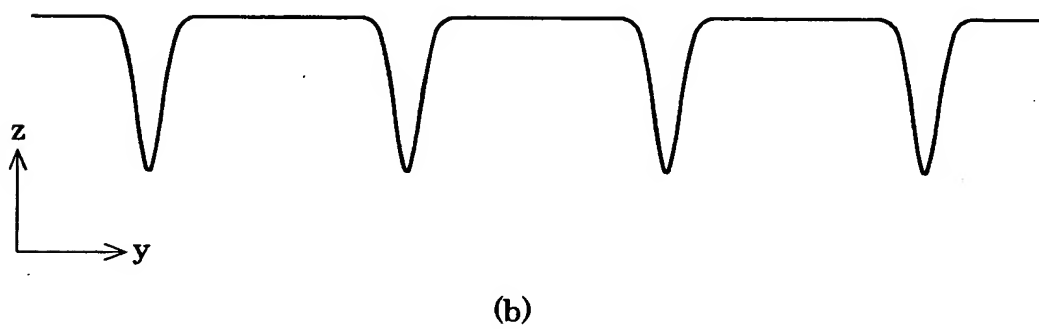
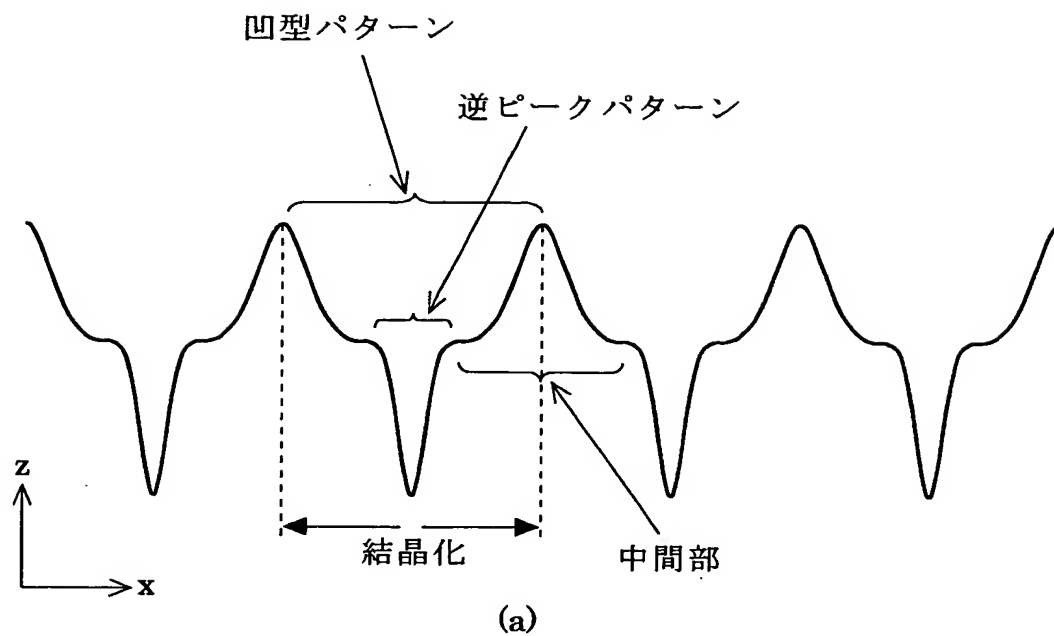


(b)

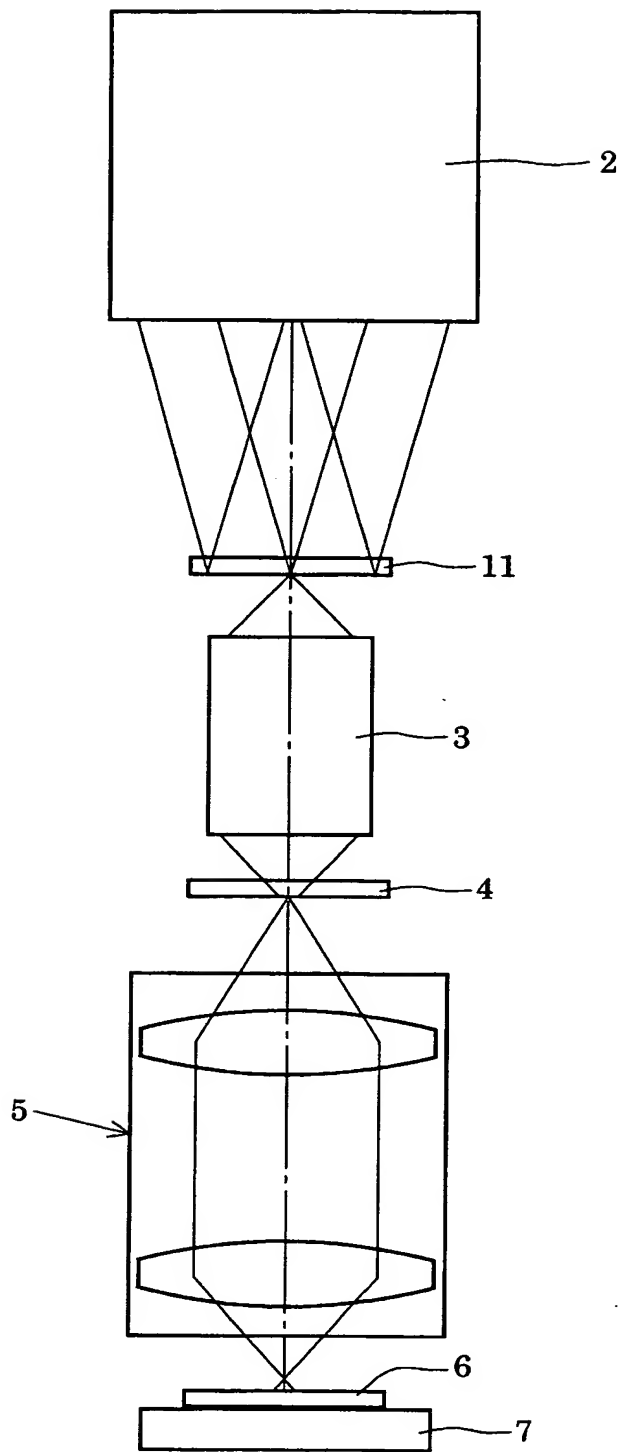
【図6】



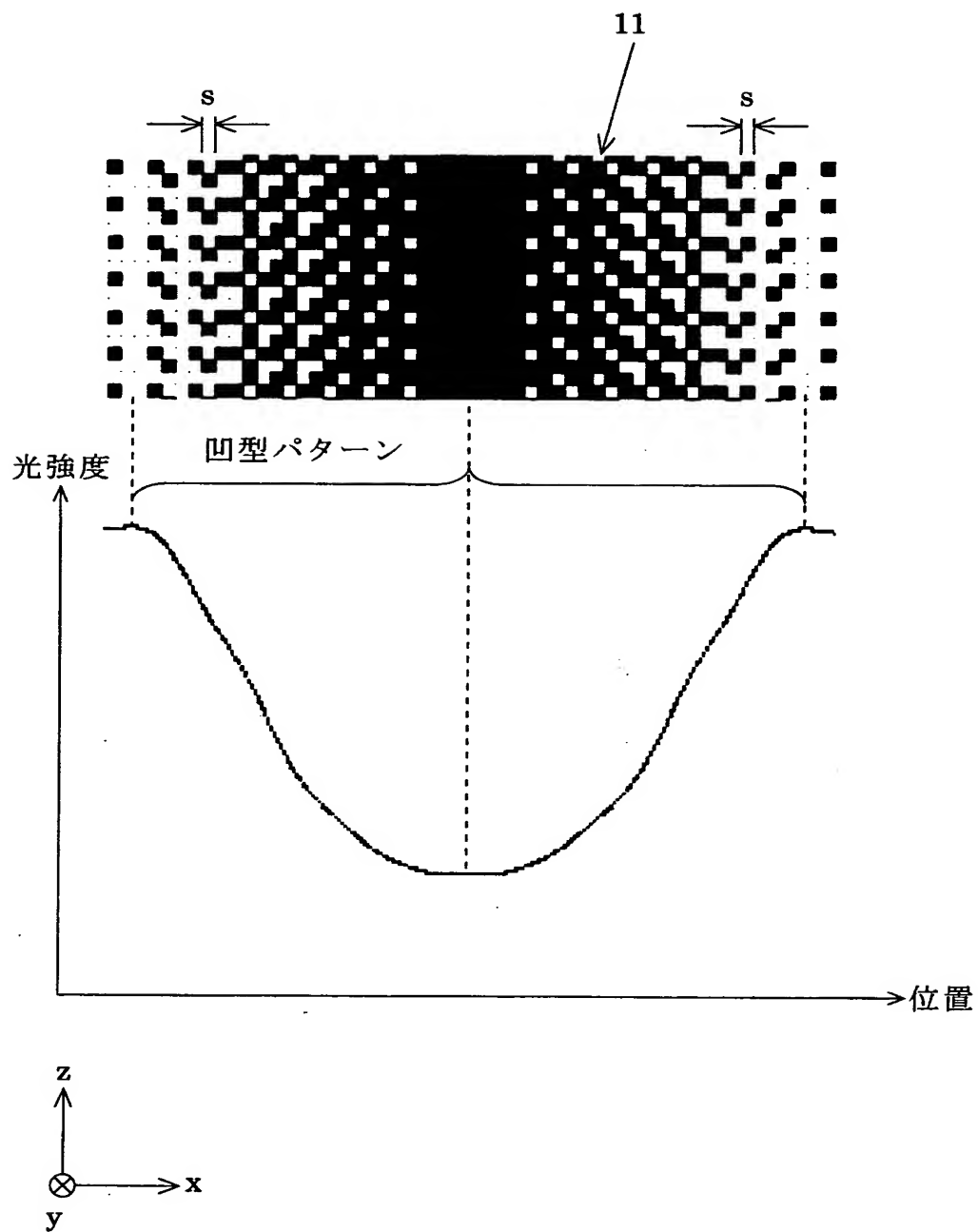
【図 7】



【図 8】

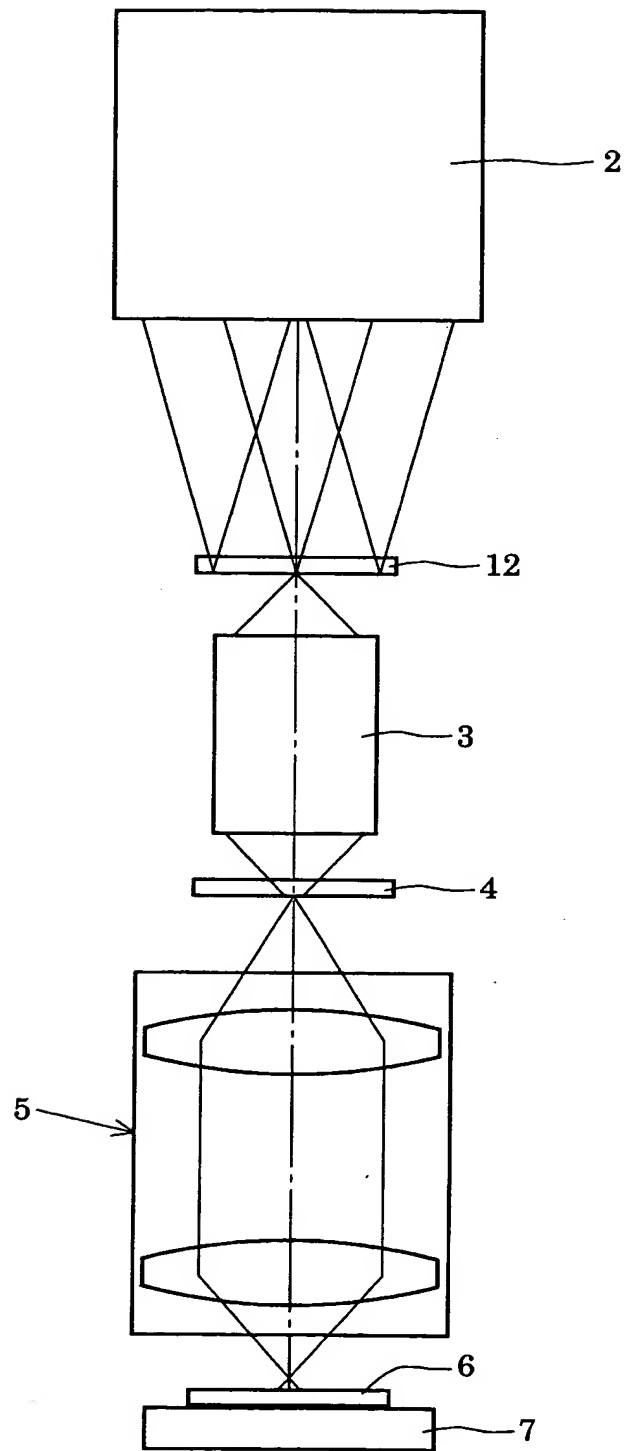


【図 9】

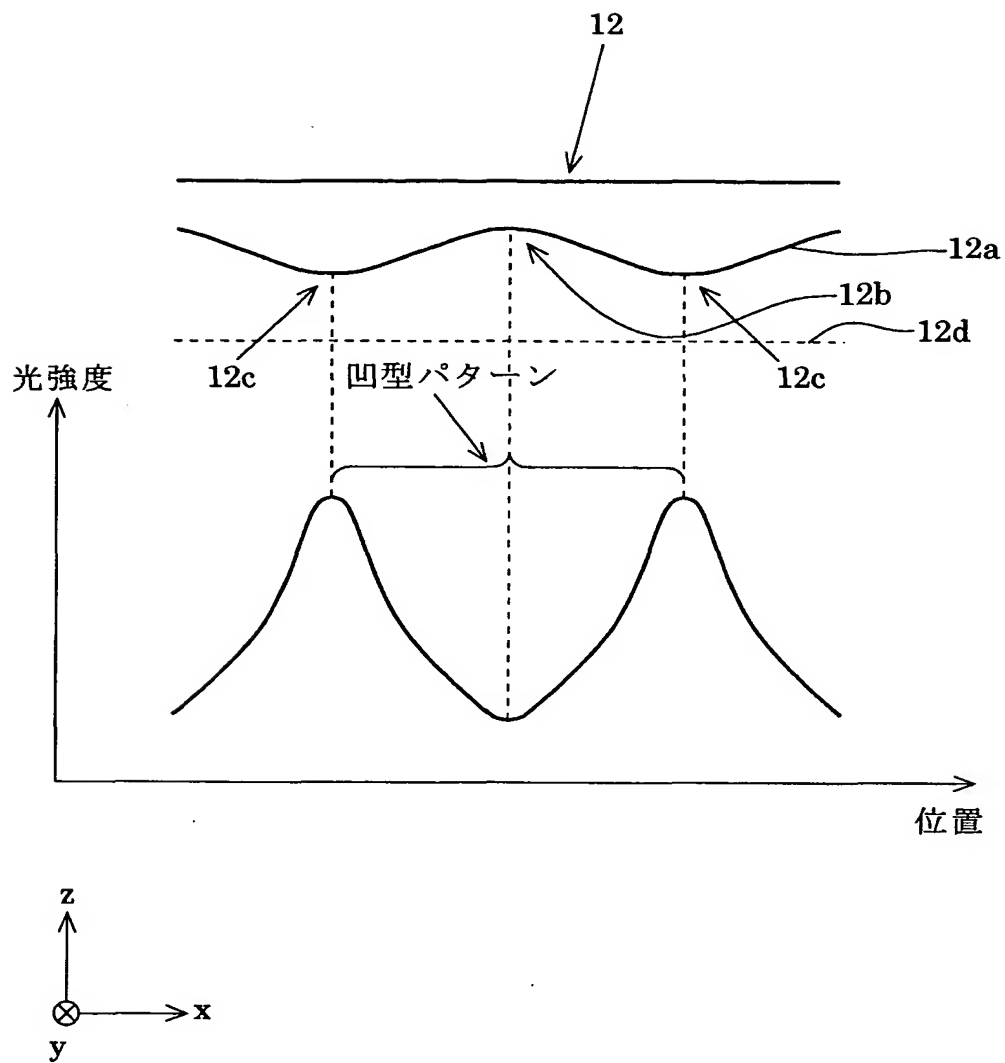




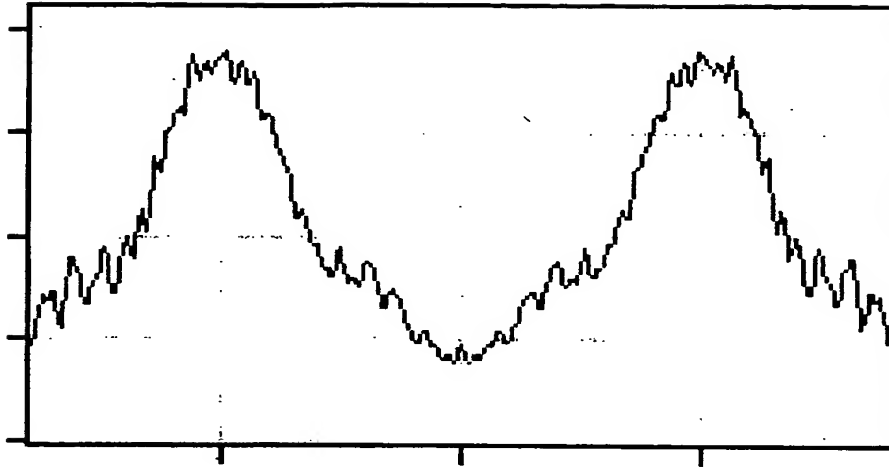
【図 1 0】



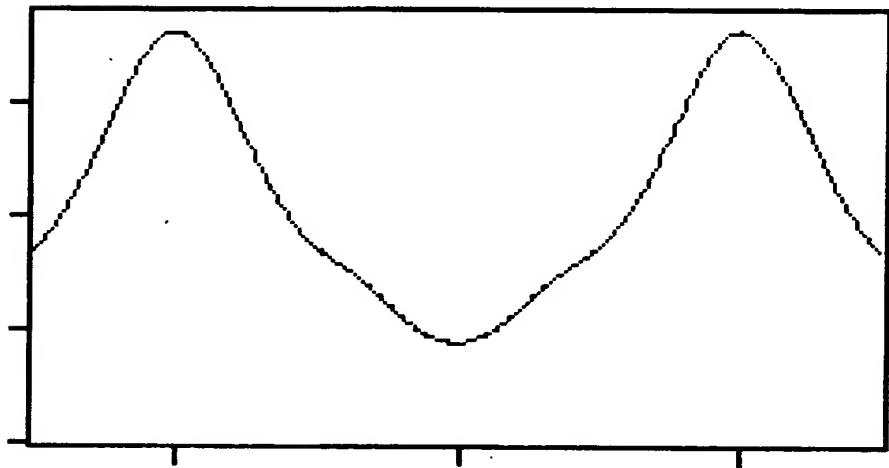
【図 1 1】



【図 1 2】

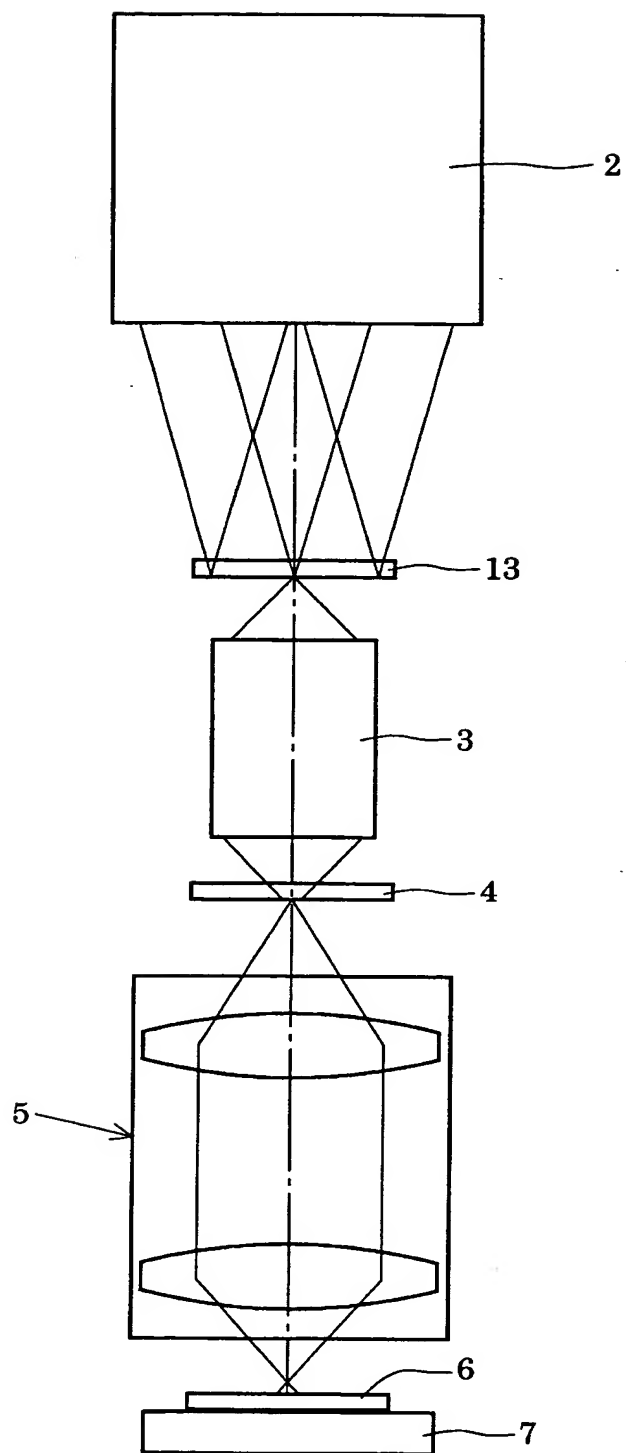


(a)

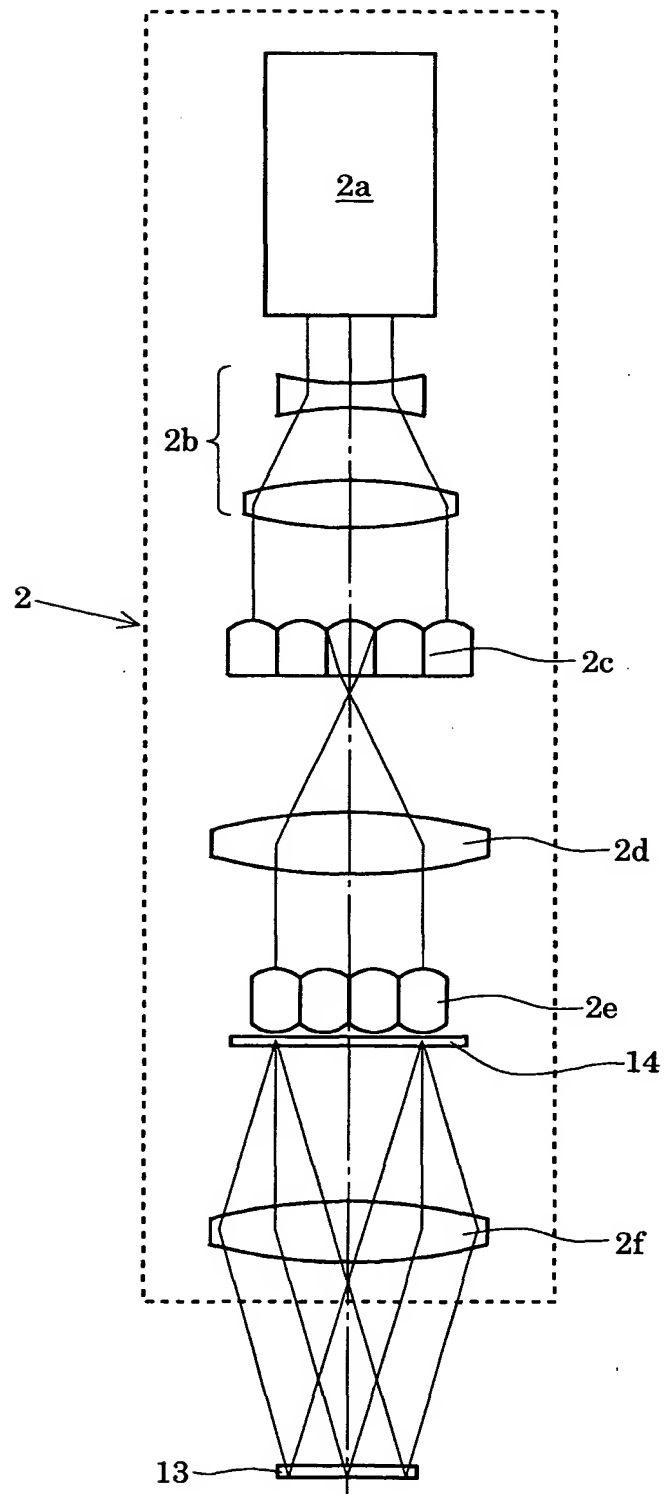


(b)

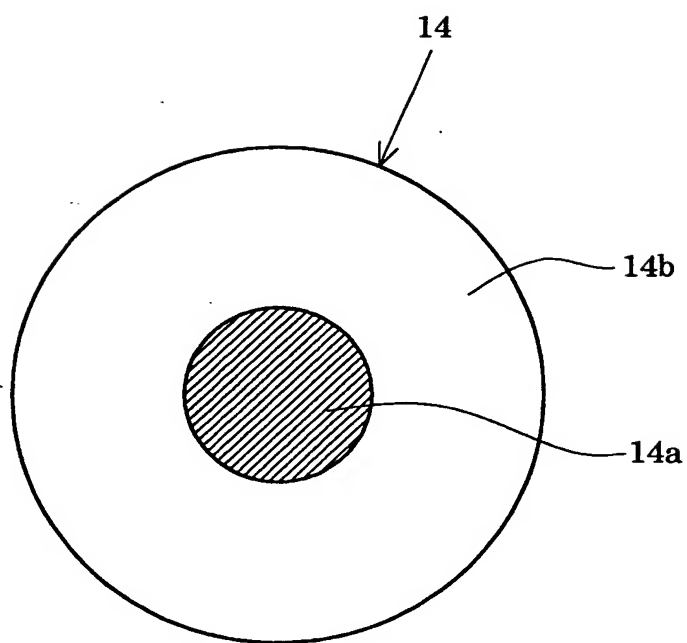
【図 1 3】



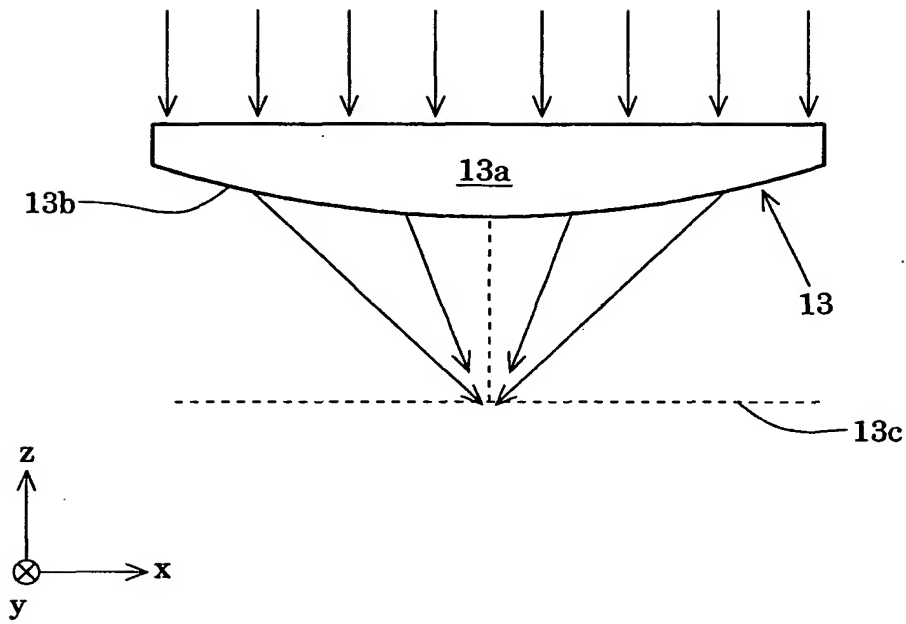
【図14】



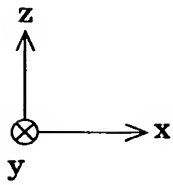
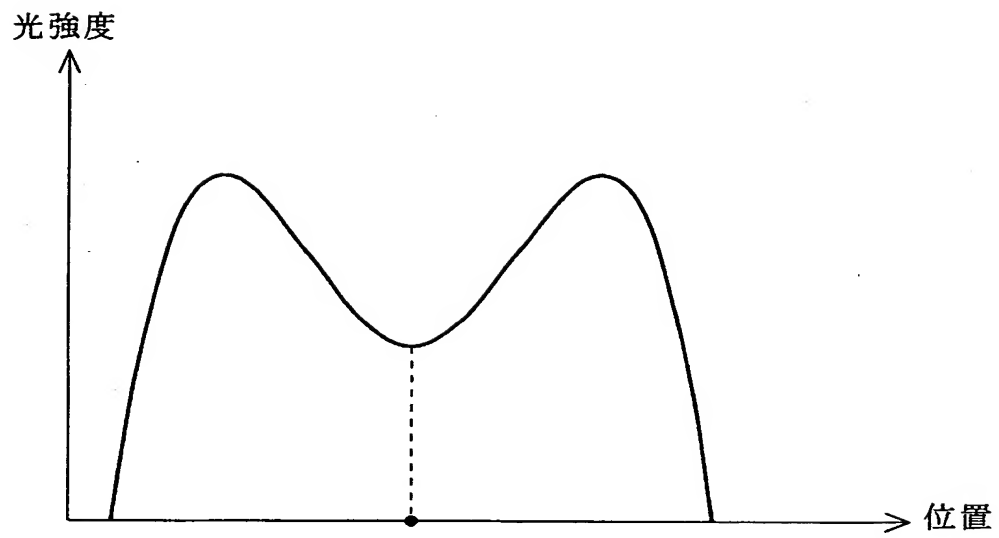
【図 1 5】



【図 1 6】

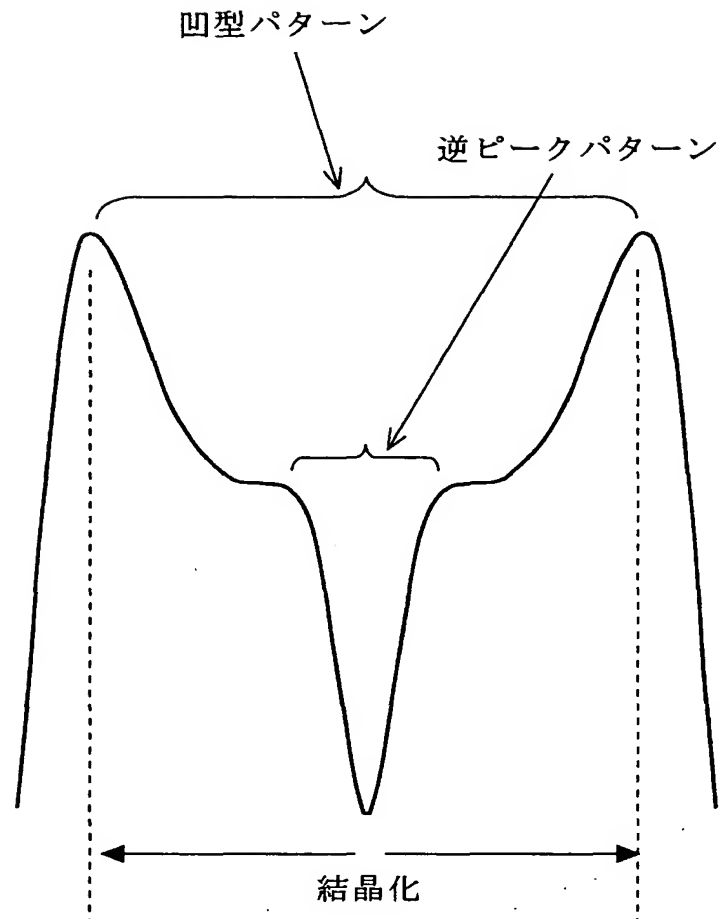


【図 1 7】

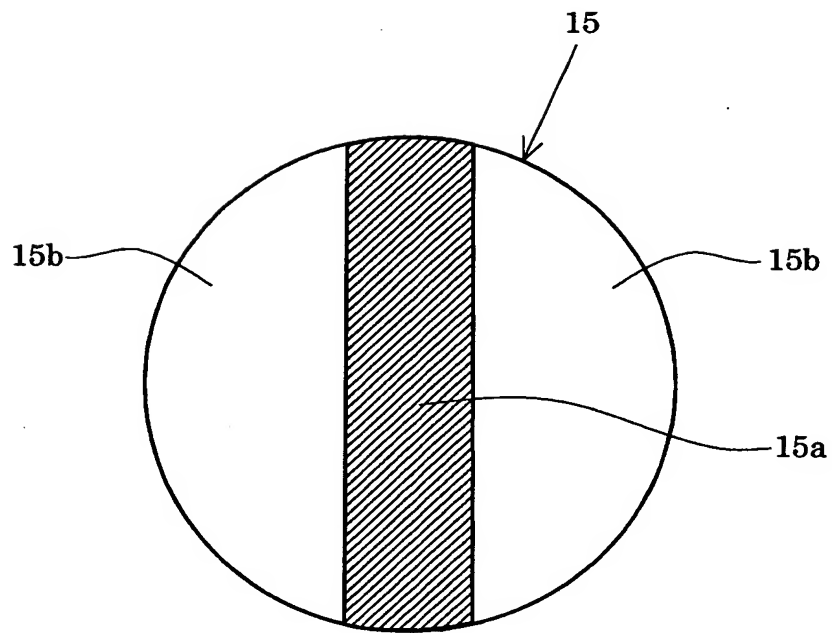




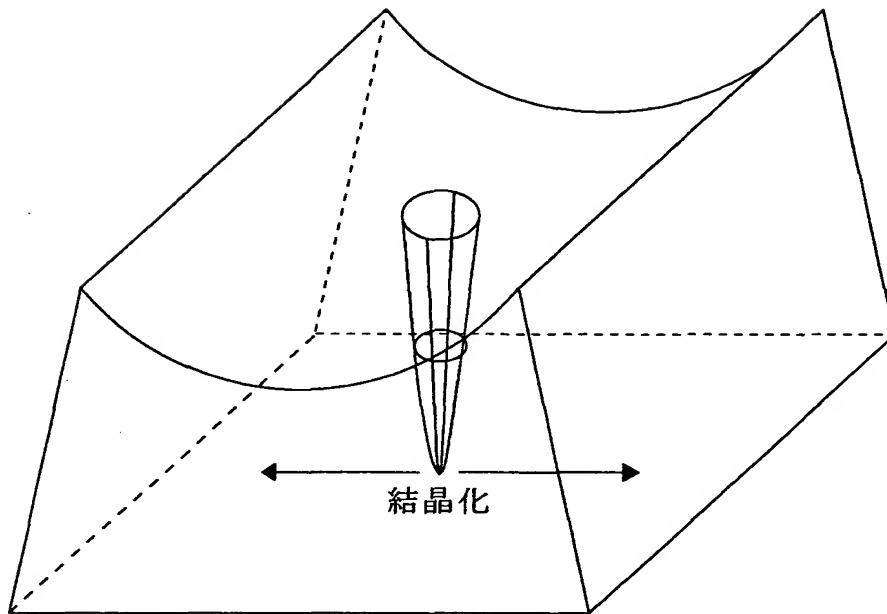
【図 1 8】



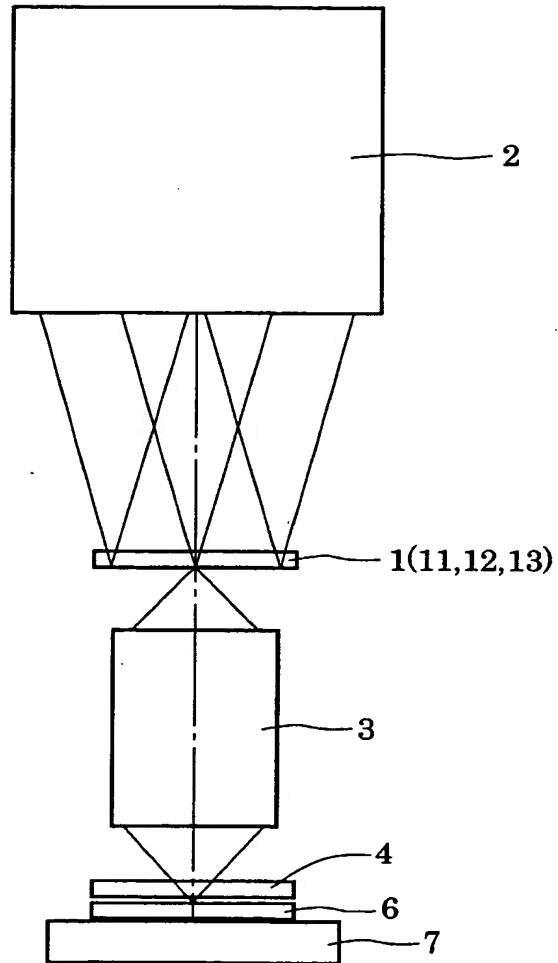
【図 1 9】



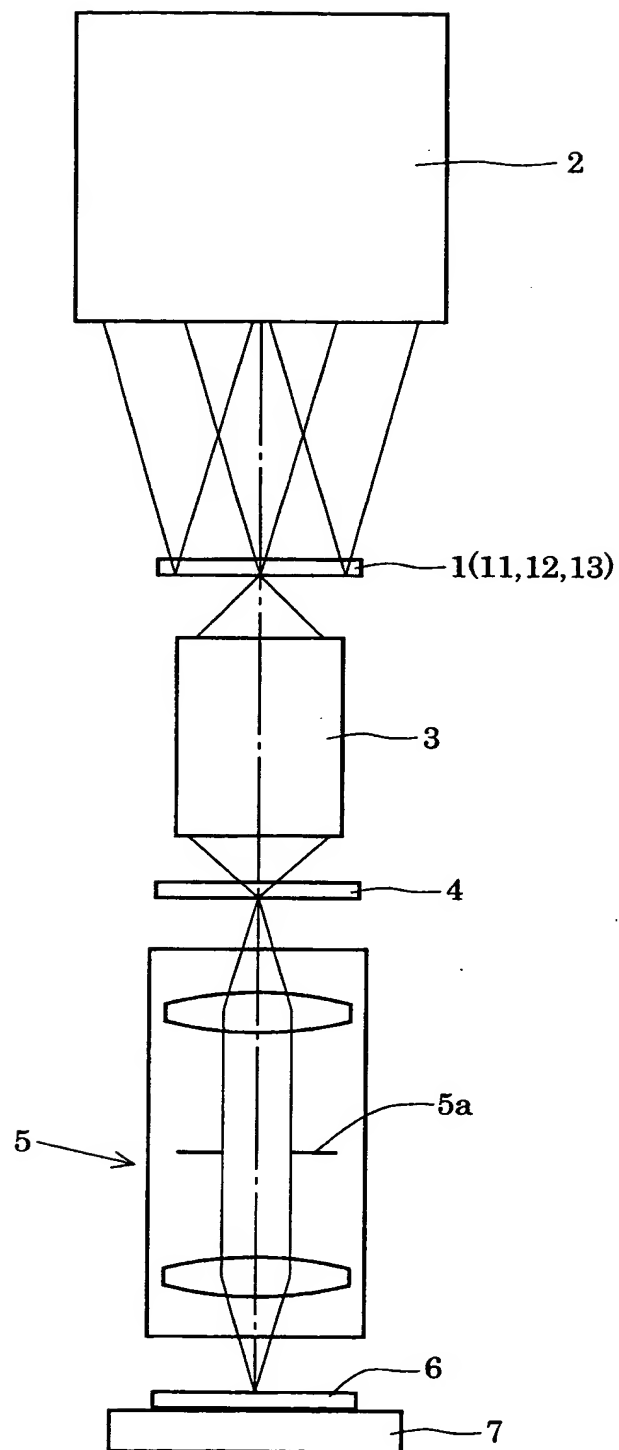
【図 2 0】



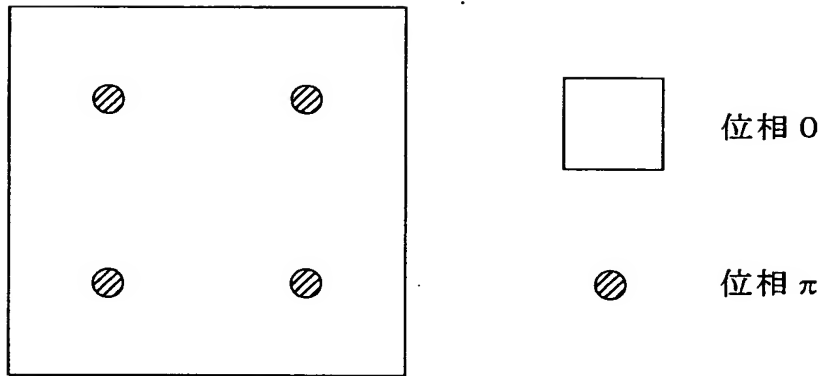
【図 2 1】



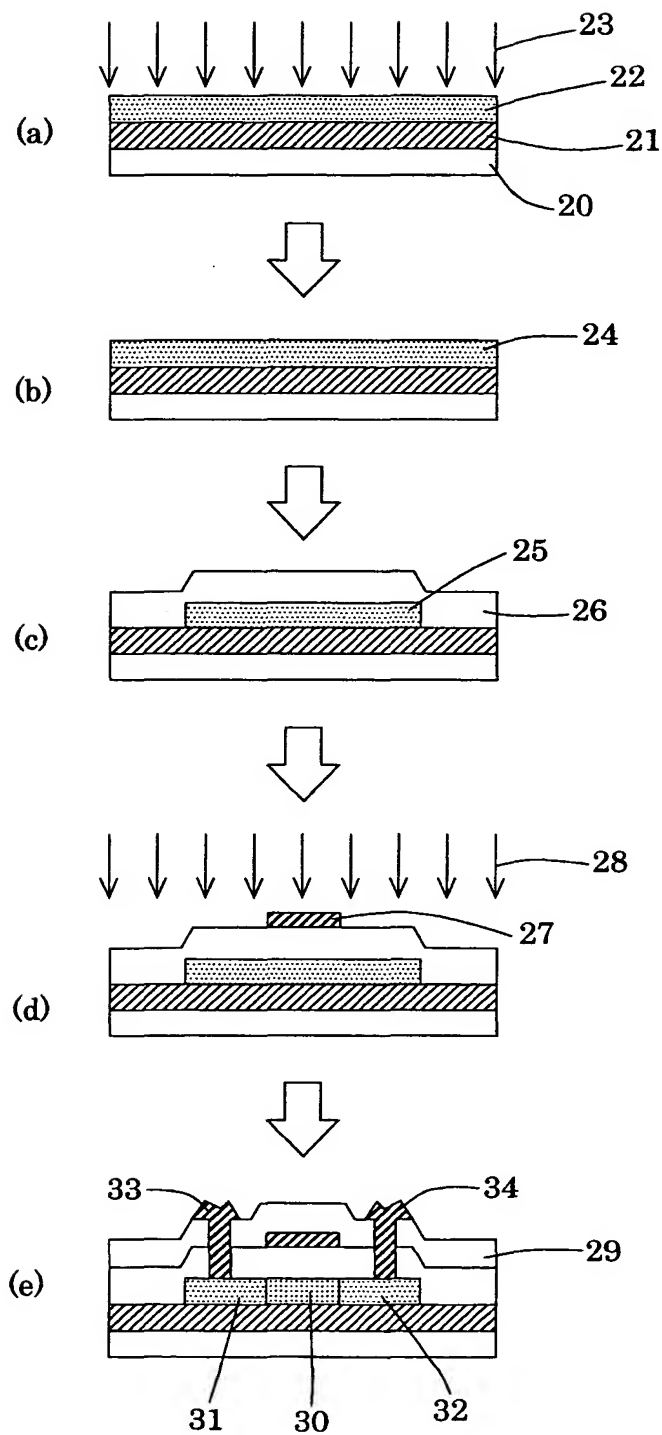
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 24】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 結晶核からの十分なラテラル成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成することのできる結晶化装置。

【解決手段】 位相シフトマスク（４）を照明する照明系（２）を備え、位相シフトマスクの位相シフト部に対応する領域において光強度の最も小さい逆ピークパターンの光強度分布を有する光を半導体膜（６）に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置。照明系からの光に基づいて、位相シフト部に対応する領域において光強度が最も小さく且つその周囲に向かって光強度が増加する凹型パターンの光強度分布を所定面に形成するための光学部材（１）と、半導体膜の表面あるいはその共役面と所定面とを光学的に共役な関係に設定するための結像光学系（５）とを備えている。

【選択図】 図 1



特2002-215323

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-215323
受付番号	50201089903
書類名	特許願
担当官	第六担当上席 0095
作成日	平成14年 7月25日

### <認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年 7月24日

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 5 0 1 2 8 6 6 5 7 ]

1. 変更年月日 2 0 0 1 年 7 月 1 8 日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地

氏 名 株式会社 液晶先端技術開発センター